



3ª ETAPA DE CONCESSÕES RODOVIÁRIAS - FASE 1

Sistema Rodoviário Federal
Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal



Produto 4B
ESTUDOS DE TRÁFEGO FINAL - Parte 2
ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE PRAÇAS DE PEDÁGIOS
E SISTEMA DE PEDAGIAMENTO



Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia

Revisão 3
Out/08

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	3
2	ESTUDOS INICIAIS DE ESTRUTURA E NÍVEL TARIFÁRIO	4
2.1	Estrutura Tarifária	4
2.2	Nível Tarifário.....	5
2.2.1	Pesquisa de opinião – disposição a pagar.....	5
2.2.2	Tarifas praticadas no país.....	8
3	ASPECTOS GERAIS SOBRE O SISTEMA DE PEDAGIAMENTO	14
3.1	Localização de praças de pedágio.....	17
3.2	Espaçamento entre praças de pedágio.....	18
3.2.1	Análise da eqüidade/iniquidade	20
3.2.2	Análise da eficiência	23
4	ESTUDO DE SISTEMA DE PEDAGIAMENTO PARA A BR 040.....	26
4.1	Modelo adotado na BR 040	26
4.2	Análise do espaçamento entre praças de pedágio para a BR 040	27
4.2.1	Dados utilizados.....	27
4.2.2	Procedimentos de cálculo.....	29
4.2.3	Resultados obtidos	29



4.3	Propostas de sistema de pedagiamento para a BR 040	30
4.4	Análise de hipóteses para sistema de pedagiamento e alternativas de configuração	42
5	SELEÇÃO DA ALTERNATIVA DE PEDAGIAMENTO E PRAÇAS DE PEDÁGIO	52
6	DIMENSIONAMENTO DE PRAÇAS DE PEDÁGIO	57

1 APRESENTAÇÃO

Este documento tem por objetivo apresentar o Produto 4 B – Estudos de Tráfego Final – Parte 2, Revisão 3 – Estudo de Localização de Praças de Pedágios e Sistema de Pedagiamento, integrante do trabalho relativo às pesquisas e estudos técnicos (“Estudos”) visando ao desenvolvimento do transporte rodoviário no eixo centro-leste do Estado de Minas Gerais, Goiás e do Distrito Federal por meio de uma concessão pública de aproximadamente 940 km de trechos rodoviários federais, da Rodovia BR 040, em execução pela Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia – FDTE para o Banco de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, conforme Contrato OCS n.º 265/2006, firmado em 30 de novembro de 2006. Este estudo é integrante das atividades da 3ª Etapa de Concessão Rodoviárias Federais, inseridas na Fase 1.

O produto 4B contém a proposta de sistema de pedagiamento para a BR 040, cujo trecho em estudo se desenvolve entre o entroncamento da BR 251 no Distrito Federal até a cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. São apresentadas as análises sobre o modelo de sistema de pedagiamento proposto; estudos, e proposições quanto ao espaçamento entre praças de pedágios e dimensionamento das praças de pedágio para a proposição recomendada, considerando os resultados de projeção de tráfego apresentadas no relatório técnico Produto 4 B Estudos de Tráfego Final, Parte 1, Revisão 2.

Os estudos para definição do sistema de pedagiamento para a BR 040 abordam os seguintes tópicos:

- APRESENTAÇÃO;
- ESTUDOS INICIAIS DE ESTRUTURA E NÍVEL TARIFÁRIO;
- ASPECTOS GERAIS SOBRE O SISTEMA DE PEDAGIAMENTO;
- ESTUDO DE SISTEMA DE PEDAGIAMENTO PARA A BR 040;
- SELEÇÃO DE ALTERNATIVA DE PEDAGIAMENTO E ESPAÇAMENTO DE PRAÇAS DE PEDAGIO

- DIMENSIONAMENTO DE PRAÇAS DE PEDÁGIO.

2 ESTUDOS INICIAIS DE ESTRUTURA E NÍVEL TARIFÁRIO

2.1 Estrutura Tarifária

A estrutura tarifária vigente nas concessões rodoviárias federais e na maioria dos estados brasileiros se baseia no preço cobrado para um automóvel de passeio - que corresponde a um eixo de caminhão. Já para os caminhões é cobrado um valor relativo ao número de eixos que o compõem. Este conceito, ainda que de forma simplificada, busca aplicar tarifas proporcionais à solicitação do pavimento exercida pelos diferentes tipos de veículos.

A Tabela de Categoria de Veículos apresenta os fatores da multiplicação para a Tarifa de Pedágio, para os vários tipos de veículos considerando seu respectivo número de eixos.

Tabela 2.1: Tabela de Categoria de Veículos.

Categoria	Descrição dos veículos	Nº de eixos	Rodagem	Multiplicador
1	Automóvel, caminhonete e furgão	2	Simple	1,00
2	Caminhão leve, ônibus, caminhão-trator e furgão	2	Dupla	2,00
3	Automóvel e caminhonete com semi-reboque	3	Simple	1,50
4	Caminhão, caminhão-trator, caminhão-trator com semi-reboque e ônibus	3	Dupla	3,00
5	Automóvel e caminhonete com reboque	4	Simple	2,00
6	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	4	Dupla	4,00
7	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	5	Dupla	5,00
8	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	6	Dupla	6,00
9	Motocicletas, motonetas e bicicletas moto	2	Simple	0,50
10	Veículos oficiais e do Corpo Diplomático	-	-	Isentos

Fonte: ANTT (2007).

A Tarifa Básica é, portanto, a tarifa de pedágio para o(s) veículo(s) de categoria 1, conforme Classificação de Veículos, cujo fator multiplicador de tarifa é igual a 1,0.

A tarifa de pedágio a ser aplicada para a BR 040 deverá corresponder ao resultado do produto da Tarifa Básica de pedágio pelo fator multiplicador da tarifa correspondente a cada categoria de veículo, conforme valores apresentados na tabela 2.1. Para os veículos com mais de 6 eixos será cobrada tarifa de pedágio equivalente à categoria 8, acrescida do valor da tarifa dos veículos da categoria 1, multiplicada pelo número de eixos que excederem a 6.

2.2 Nível Tarifário

Neste item são discutidos aspectos iniciais para a definição do nível tarifário a ser adotado para a BR 040. Primeiramente são apresentados os resultados da pesquisa de opinião realizada concomitante a pesquisa de origem e destino em postos de pesquisa distribuídos ao longo do trecho em estudo. Posteriormente são apresentados os valores de tarifas praticados nas concessões em vigor no país. Em uma etapa final é considerada uma proposta de nível tarifário para a rodovia, de forma a dispor de valores de referência para as análises de espaçamento e número de praças de pedágios desenvolvidas na seqüência deste documento.

2.2.1 Pesquisa de opinião – disposição a pagar

Para os estudos referentes ao nível tarifário a ser adotado na BR 040 foram considerados os resultados obtidos através da pesquisa de opinião, que verificou a disposição dos usuários da rodovia em pagar pedágio pela melhoria de suas características.

Nesta pesquisa foram utilizadas duas abordagens distintas:

- Pesquisa de opinião, onde foram questionados quais os atributos considerados mais importantes pelos usuários da rodovia e quanto estes se dispõem a pagar por estes atributos;
- Pesquisa de preferência declarada, onde os principais atributos são avaliados em termos do nível de importância que o entrevistado atribui aos mesmos,

permitindo também a determinação do valor do tempo do usuário e validando alguns resultados da pesquisa de opinião.

Aos usuários entrevistados foi apresentado um elenco de alternativas de disposição a pagar, com base no cálculo de valores de pedágio equivalentes às respectivas extensões das viagens e a valores unitários de tarifas quilométricas. Foi adotada como tarifa máxima o valor equivalente a 90% da tarifa de pista simples cobrada no Estado de São Paulo em 2006, e considerados multiplicadores da tarifa quilométrica diferenciados para os 3 tipos de veículo adotados na pesquisa (automóveis, caminhões de 2 e 3 eixos e caminhões com mais de 4 eixos), a partir da média dos multiplicadores adotados na tabela vigente para o mesmo estado. Desta forma, os valores de tarifa apresentados aos veículos comerciais já levavam em consideração o número de eixos destes veículos, com base nos valores multiplicadores de tarifas adotados (caminhões 2 ou 3 eixos = 2,5 e caminhões 4 ou + eixos = 5).

Para desenvolvimento desta análise, os resultados referentes à disposição a pagar para caminhões de 2, 3 e mais de 4 eixos foram, no entanto, agregados, gerando um valor de tarifa único por quilômetro para caminhões.

Os resultados obtidos para a BR 040 sobre disposição a pagar, para motoristas de automóveis e caminhões são mostrados nas tabelas a seguir.

Tabela 2.2: Proporção de usuários da BR 040 dispostos a pagar tarifa – Automóveis.

Condição	Quantidade	%
<i>Pagaria</i>	60.807	74,20%
<i>Não Pagaria</i>	21.139	25,80%

Tabela 2.3: Resultados da Pesquisa de Opinião sobre disposição a pagar para a BR 040 - Automóveis.

Tarifa por km (R\$/km)	Quantidade de entrevistas	%	% Acumulada
mais de 0,10	206	0,34%	0,34%
0,10	188	0,31%	0,65%
0,09	6	0,01%	0,66%
0,08	55	0,09%	0,75%
0,07	99	0,16%	0,91%
0,06	10.882	17,90%	18,81%
0,05	7.546	12,41%	31,22%
0,04	10.519	17,30%	48,52%
0,02	31.306	51,48%	100,00%
Total	60.807	100,00%	-

Tabela 2.4: Tarifa média ponderada por quilômetro para a BR 040 - Automóveis.

Agrupamento	Tarifa (R\$/km)
Todos os valores	0,0262
Eliminados os valores 0,0	0,0353
Mediana	0,0220

Com base nos resultados obtidos, podem ser feitas as seguintes considerações:

Para os usuários de **automóveis** foram observados os seguintes resultados:

- 25,80% dos usuários não estão dispostos a pagar tarifa de pedágio;
- 31,22% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,05/km;
- 48,52% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,04/km;

A tarifa média ponderada por quilômetro (R\$/km) para usuários de automóveis, excluindo-se a parcela de usuários que não estão dispostos a pagar tarifa de pedágio, resultou em R\$0,0353/km.

Tabela 2.5: Proporção de usuários da BR 040 dispostos a pagar tarifa – Caminhões.

Condição	Quantidade	%
Pagaria	25.249	76,24%
Não Pagaria	7.869	23,76%

Tabela 2.6: Resultados da Pesquisa de Opinião sobre disposição a pagar para a BR 040 – Caminhões.

Tarifa por km (R\$/km)	Quantidade de entrevistas	%	% Acumulada
<i>mais de 0,10</i>	9.858	39,04%	39,04%
<i>0,10</i>	2.607	10,32%	49,37%
<i>0,09</i>	2.160	8,55%	57,92%
<i>0,08</i>	1.701	6,74%	64,65%
<i>0,07</i>	-	0,00%	64,65%
<i>0,06</i>	1.408	5,58%	70,23%
<i>0,05</i>	4.324	17,12%	87,35%
<i>0,04</i>	3.184	12,61%	99,96%
<i>0,02</i>	9	0,04%	100,00%
Total	25.249	100,00%	-

Tabela 2.7: Tarifa média ponderada por quilômetro para a BR 040 – Caminhões.

Agrupamento	Tarifa (R\$/km)
<i>Todos os valores</i>	<i>0,0856</i>
<i>Eliminados os valores 0,0</i>	<i>0,1123</i>
Mediana	0,0600

Para os usuários de **caminhões** foram observados os seguintes resultados:

- 23,76% dos usuários não estão dispostos a pagar tarifa de pedágio;
- 70,23% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,06/km;
- 87,35% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,05/km;
- 99,96% dos usuários estão dispostos a pagar valores de tarifa maiores ou iguais a R\$ 0,04/km;

A tarifa média ponderada por quilômetro (R\$/km) para usuários de caminhões, excluindo-se a parcela de usuários que não estão dispostos a pagar tarifa de pedágio, resultou em R\$ 0,1123/km.

2.2.2 Tarifas praticadas no país

As tarifas básicas para automóveis praticadas em rodovias federais sob concessão no país são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 2.8: Tarifas básicas praticadas nas rodovias federais sob concessão.

Conces.	Rodovia	Segmento	Total (km)	Tarifa –Base (R\$)
Nova Dutra	BR-116/RJ/SP	Rio de Janeiro - São Paulo	402,0	7,80
Ponte S.A	BR 101/RJ –	Ponte Presidente Costa e Silva	13,2	3,50
Concer	BR-040/MG/RJ	Juiz de Fora - Petrópolis - Rio de Janeiro	179,9	6,70
CRT	BR 116/RJ –	Além Paraíba – Teresópolis Entroncamento c/ a BR 040/RJ	142,5	6,80
Concepa	BR 290/RS -	Trecho Osório – Porto Alegre	121,0	6,00
Ecosul	BR-116, 392 e 293/RS	Pólo Rodoviário de Pelotas	623,8	5,90

Fonte: ANTT (janeiro, 2008).

Já para os trechos de rodovias federais licitados em outubro de 2007, as respectivas tarifas são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 2.9: Tarifas-base para trechos de rodovias federais que foram licitadas em outubro/2007 e cujos contratos de concessão foram firmados em janeiro de 2008.

Lote	Rodovia	Segmento	Total (km)	Tarifa –Base (R\$)
1	BR-153/SP	Divisa MG/SP – Divisa SP/PR	321,6	2,450
2	BR 116/PR/SC	Curitiba – Divisa SC/PR	412,7	2,540
3	BR-393/RJ	Divisa MG/RJ-Ent. BR-116	200,4	-
4	BR-101/RJ	Divisa RJ/ES – Ponte Pres. Costa e Silva	320,1	2,258
5	BR-381/MG/SP	Belo Horizonte-São Paulo (Fernão Dias)	562,1	0,997
6	BR-116-SP/PR	São Paulo –Curitiba (Régis Bitencourt)	401,6	1,364
7	BR-116/376/PR e 101/SC	Curitiba -Florianópolis	382,2	1,028
*	BR-116/324/BA	Salvador – Feira de Santana – Divisa BA/MG	637,4	2,90/1,70

Fontes: Ministério dos Transportes (julho, 2007) e ANTT (dezembro, 2007).

*Concessão prevista para ser efetuada através de PPP. Valores de tarifas conforme Estudo de Viabilidade de PPP Sistema Rodoviário BR 116/BR324/BA – Sistema de Pedagiamento e Tarifas, Volume II, Revisão 4, junho de 2006.

Nas tabelas a seguir são mostradas algumas tarifas praticadas em rodovias nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. Para o estado de São Paulo são apresentadas as tarifas para rodovias concessionadas e não-concessionadas.

Tabela 2.10: Tarifas básicas praticadas em concessões em estados brasileiros (2008).

Órgão	Rodovia	Município	Tarifa –Base (R\$)
São Paulo (rodovias não concessionadas)			
Dersa	SP-065 Rodovia Dom Pedro I	Nazaré Paulista	8,10
Dersa	SP-065 Rodovia Dom Pedro I	Itatiba	8,10
Dersa	SP-070 Rodovia Ayrton Senna	Itaquaquecetuba	8,10
Dersa	SP-070 Rodovia Ayrton Senna	Guararema	8,10
Dersa	SP-070 Rodovia Carvalho Pinto	Jacareí	4,60
Dersa	SP-070 Rodovia Carvalho Pinto	Caçapava	4,60
DER-SP	SP-209 Rodovia J. Hipólito Martins	Botucatu	-
DER-SP	SP-270 Rodovia Raposo Tavares	Pres. Bernardes	4,40
DER-SP	SP-270 Rodovia Raposo Tavares	Caiuá	4,40
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Areiópolis	7,00
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Agudos	-
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Avaí	6,30
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Pirajuí	-
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Promissão	6,50
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Glicério	-
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Guararapes	7,00
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Lavínia	-
DER-SP	SP-300 Rodovia Marechal Rondon	Castilho	5,20
DER-SP	SP-324 Rodovia Miguel Melhado Campos	Vinhedo	3,90
Rio Grande do Sul			
DAER-RS	RS-239 Estância Velha - Sapiranga	Campo Bom	2,40
DAER-RS	RS-135 Passo Fundo - Erechim	Coxilha	3,60
DAER-RS	RS-240 Vila Sharlau – Rincão Cascalho	Portão	4,80
DAER-RS	RS-122 Rincão do Cascalho	Portão	4,80
Mato Grosso			
AGER-MT	MT-242 Sorriso-Ipiranga do Norte	-	3,50
AGER-MT	MT-449 Lucas do Rio Verde-Tapurah	-	3,50

Fontes: Dersa (2008); DER/SP (2008); DAER-RS (2008), AGER-MT (2008).

Tabela 2.11: Tarifas básicas praticadas em concessões no estado de São Paulo (2007).

Rodovia		Pedágio		Sentido de		Tarifas	
Nomenclatura	Prefixo	Nomenclatura	km	Cobrança		Passeio	Por
AUTOBAN		LOTE - 1					Eixo
ANHANGUERA	SP-330	PERUS	026+495	NORTE	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-330	PERUS	026+495	SUL	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-330	VALINHOS	082+000	NORTE	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-330	VALINHOS	081+000	SUL	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-330	NOVA ODESSA	118+000	NORTE	BID	R\$ 4,70	R\$ 4,70
	SP-330	NOVA ODESSA	118+000	SUL	BID	R\$ 4,70	R\$ 4,70
	SP-330	LIMEIRA	152+000	NORTE	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
	SP-330	LIMEIRA	152+000	SUL	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
BANDEIRANTES	SP-348	CAMPO LIMPO	039+047	NORTE	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-348	CAIEIRAS	036+200	SUL	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-348	ITUPEVA	077+430	NORTE	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30

	SP-348	ITUPEVA	077+430	SUL	BID	R\$ 5,30	R\$ 5,30
	SP-348	SUMARÉ	115+520	NORTE	BID	R\$ 4,70	R\$ 4,70
	SP-348	SUMARÉ	115+520	SUL	BID	R\$ 4,70	R\$ 4,70
	SP-348	LIMEIRA	159+550	NORTE	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
	SP-348	LIMEIRA	159+550	SUL	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
TEBE	LOTE - 3						
FARIA LIMA	SP-326	COLINA	407+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,10	R\$ 5,10
COM. PEDRO MONTELEONE	SP-351	PIRANGI	184+250	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,80	R\$ 4,80
ORLANDO CHESINI OMETTO	SP-323	MONTE ALTO	019+810	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,30	R\$ 3,30
VIANORTE	LOTE - 5						
ANHANGUERA	SP-330	SALES OLIVEIRA	350+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 6,40	R\$ 6,40
	SP-330	ITUVERAVA	405+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 7,80	R\$ 7,80
ATÍLIO BALBO	SP-322	SERTÃOZINHO	327+500	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,90	R\$ 3,90
ARNALDO SALLES DE OLIVEIRA	SP-322	PITANGUEIRAS	363+500	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,10	R\$ 5,10
INTERVIAS	LOTE - 06						
ANHANGUERA	SP-330	PIRASSUNUNGA	215+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,40	R\$ 4,40
	SP-330	LEME	181+760	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,40	R\$ 4,40
SEM DENOMINAÇÃO	SP-147	MOGI MIRIM	052+000	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,20	R\$ 4,20
ENGº JOÃO TOSELLO	SP-147	LIMEIRA	091+300	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,20	R\$ 3,20
DEP.LAERCIO CORTE	SP-147	IRACEMÁPOLIS	127+200	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,40	R\$ 3,40
WILSON FINARDI	SP-191	ARARAS	027+500	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,40	R\$ 3,40
	SP-191	RIO CLARO	059+000	LESTE/OESTE	BID	R\$ 1,80	R\$ 1,80
DOUTOR PAULO LAURO	SP-215	STA CRUZ PALMEIRAS	065+550	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,30	R\$ 3,30
	SP-215	DESCALVADO	104+400	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,40	R\$ 3,40
CENTROVIAS	LOTE - 8						
WASHINGTON LUIZ	SP-310	ITIRAPINA	216+000	NORTE	UNI	R\$ 6,00	R\$ 6,00
	SP-310	RIO CLARO	181+400	SUL	UNI	R\$ 10,00	R\$ 10,00
ENGº PAULO NILO ROMANO	SP-225	BROTAS	106+700	OESTE	UNI	R\$ 5,60	R\$ 5,60
	SP-225	DOIS CÓRREGOS	144+200	LESTE	UNI	R\$ 6,60	R\$ 6,60
COM. JOÃO RIBEIRO DE BARROS	SP-225	JAÚ	199+300	LESTE/OESTE	BID	R\$ 6,30	R\$ 6,30
TRIÂNGULO DO SOL	LOTE - 9						
WASHINGTON LUIZ	SP-310	ARARAQUARA	282+400	NORTE/SUL	BID	R\$ 9,30	R\$ 9,30
	SP-310	AGULHA	346+400	NORTE/SUL	BID	R\$ 6,30	R\$ 6,30
	SP-310	CATIGUÁ	398+500	NORTE/SUL	BID	R\$ 8,80	R\$ 8,80
BRIGADEIRO FARIA LIMA	SP-326	DOBRADA	307+600	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,10	R\$ 4,10
	SP-326	TAIUVA	357+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,70	R\$ 3,70
CARLOS TONANI	SP-333	JABOTICAB	110+500	LESTE/OESTE	BID	R\$ 7,00	R\$ 7,00

		AL					
LAURENTINO MASCARI	SP-333	ITÁPOLIS	179+700	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,00	R\$ 4,00
AUTOVIAS	LOTE - 10						
ANHANGUERA	SP-330	SÃO SIMÃO	281	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,20	R\$ 4,20
	SP-330	S.RITA PASSA QUATRO	253	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,20	R\$ 4,20
ANTONIO MACHADO SANT'ANNA	SP-255	GUATAPARÁ	046+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 8,30	R\$ 8,30
CANDIDO PORTINARI	SP-334	BATAAIS	344+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,40	R\$ 5,40
	SP-334	RESTINGA	374+500	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,40	R\$ 5,40
RENOVIAS	LOTE - 11						
GOV.DR.ADHEMAR PEREIRA DE BARROS	SP-340	JAGUARIÚNA	123+500	NORTE/SUL	BID	R\$ 6,90	R\$ 6,90
DEP.MARIO BENI	SP-340	ESTIVA GERBI	192+840	NORTE/SUL	BID	R\$ 4,10	R\$ 4,10
PROF. BOANERGS NOGUEIRA DE LIMA	SP-340	CASA BRANCA	221+292	SUL/NORTE	BID	R\$ 3,70	R\$ 3,70
PROF. JOSÉ DE ANDRÉ DE LIMA	SP-340	MOCOCA	254+690	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
GOV.DR.ADHEMAR PEREIRA DE BARROS	SP-342	ÁGUAS DA PRATA	240+000	LESTE/OESTE	BID	R\$ 2,00	R\$ 2,00
ROD. DOM TOMAS VAQUERO	SP-344	AGUAÍ	219+000	OESTE/LESTE	BID	R\$ 2,60	R\$ 2,60
	SP-344	S. J. DA BOA VISTA	230+440	LESTE	UNI	R\$ 2,60	R\$ 2,60
GOV.DR.ADHEMAR PEREIRA DE BARROS	SP-342	PINHAL	191+890	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,10	R\$ 5,10
DEP. EDUARDO VICENTE NASSER	SP-350	ITOBI	252+140	NORTE	UNI	R\$ 5,00	R\$ 5,00
VIAOESTE	LOTE - 12						
RAPOSO TAVARES	SP-280	ITAPEVI	033+000	OESTE	UNI	R\$ 9,60	R\$ 9,60
PRES. CASTELLO BRANCO	SP-280	ITU	074+000	LESTE	UNI	R\$ 6,60	R\$ 6,60
	SP-280	OSASCO (MARGINAL)	018+000	OESTE	BID	R\$ 5,60	R\$ 5,60
	SP-280	BARUERI (MARGINAL)	020+000	LESTE	BID	R\$ 5,60	R\$ 5,60
JOSÉ ERMÍRIO DE MORAES	SP-075	SOROCABA	012+500	SUL	UNI	R\$ 3,60	R\$ 3,60
	SP-270	SÃO ROQUE	046+500	OESTE	UNI	R\$ 4,80	R\$ 4,80
RAPOSO TAVARES	SP-270	ALUMÍNIO	079+000	LESTE	UNI	R\$ 4,20	R\$ 4,20
	SP-270	ARAÇOÍABA	111+400	OESTE	UNI	R\$ 2,10	R\$ 2,10
COLINAS	LOTE - 13						
ERMÊNIO DE OLIVEIRA PENTEADO	SP-075	INDAIATUBA	060+800	NORTE/SUL	BID	R\$ 7,60	R\$ 7,60
	SP-075	INDAIATUBA (BLOQUEIO)	062+000	NORTE/SUL	BID	R\$ 7,60	R\$ 7,60
PRES. CASTELLO BRANCO	SP-280	BOITUVA	111+300	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,40	R\$ 5,40
	SP-280	BOITUVA (BLOQUEIO)	110+800	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,40	R\$ 5,40
D. GABRIEL PAULINO BUENO	SP-300	ITUPEVA	076+680	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,10	R\$ 4,10
MARECHAL RONDON	SP-300	PORTO FELIZ	136+722	LESTE/OESTE	BID	R\$ 4,00	R\$ 4,00

FAUSTO SANTOMAURO	SP-127	RIO CLARO	012+625	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,50	R\$ 3,50
CORNÉLIO PIRES	SP-127	RIO DAS PEDRAS	058+650	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,60	R\$ 5,60
SPVIAS	LOTE - 20						
PRES. CASTELLO BRANCO	SP-280	ITATINGA	208+400	LESTE/OESTE	BID	R\$ 7,50	R\$ 7,50
	SP-280	IARAS	278+000	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,10	R\$ 5,10
	SP-280	QUADRA	158+300	LESTE/OESTE	BID	R\$ 7,50	R\$ 7,50
ANTONIO ROMANO SCHINCARIOL	SP-127	MORRO DO ALTO	128+900	NORTE	UNI	R\$ 6,10	R\$ 6,10
	SP-127	MORRO DO ALTO	133+900	SUL	UNI	R\$ 6,10	R\$ 6,10
PROF. FRANCISCO DA SILVA PONTES	SP-127	GRAMADÃO	196+725	NORTE/SUL	BID	R\$ 5,50	R\$ 5,50
JOÃO MELLÃO	SP-255	AVARÉ	240+300	NORTE/SUL	BID	R\$ 3,70	R\$ 3,70
RAPOSO TAVARES	SP-258	BURI	250+145	LESTE/OESTE	BID	R\$ 5,70	R\$ 5,70
FRANCISCO ALVES NEGRÃO	SP-258	ITARARÉ	326+670	LESTE/OESTE	BID	R\$ 3,60	R\$ 3,60
RAPOSO TAVARES	SP-270	ALAMBARI	135+300	LESTE	UNI	R\$ 6,20	R\$ 6,20
ECOVIAS	LOTE - 22						
CÔNEGO DOMÊNICO RANGONI	SP-055	SANTOS	250+464	OESTE	UNI	R\$ 7,20	R\$ 7,20
PADRE MANOEL DA NÓBREGA	SP-055	SÃO VICENTE	279+950	LESTE	UNI	R\$ 4,20	R\$ 4,20
ANCHIETA	SP-150	RIACHO GRANDE	031+106	SUL	UNI	R\$ 15,40	R\$ 15,40
IMIGRANTES	SP-160	DIADEMA	015+917	SUL	UNI	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	SP-160	ELDORADO	020+100	SUL	UNI	R\$ 2,20	R\$ 2,20
	SP-160	BATISTINI	025+579	SUL	UNI	R\$ 3,40	R\$ 3,40
	SP-160	PIRATININGA	032+381	SUL	UNI	R\$ 15,40	R\$ 15,40

Fonte: ARTESP (2007).

3 ASPECTOS GERAIS SOBRE O SISTEMA DE PEDAGIAMENTO

A atividade de arrecadação de pedágio visa a cobrança da tarifa de uso e se constitui em um aspecto fundamental para a viabilização de programas de concessão rodoviária, uma vez que é fator determinante para formação da receita operacional dos serviços a serem prestados. Neste sentido, a localização e espaçamento das praças de arrecadação, os níveis tarifários e as formas de cobrança são os principais condicionantes para a capacidade de financiamento do projeto, bem como para serem empreendimentos auto-sustentáveis. Assim, a escolha do sistema a ser utilizado tem por objetivo otimizar os recursos a serem arrecadados e minimizar custos operacionais e atrasos sofridos pelos usuários.

Os sistemas de arrecadação de tarifas de pedágio podem ser classificados em dois tipos: Aberto e Fechado. Segundo a sua abrangência em relação aos usuários, o Sistema Fechado é aquele em que todos os usuários da via estão sujeitos à cobrança, enquanto que no Sistema Aberto, admite-se que uma parcela dos usuários pode utilizar a via sem o correspondente pagamento da tarifa.

No Sistema Fechado a cobrança de pedágio é feita de acordo com a distância percorrida pelo veículo, o que exige que todas as entradas e saídas da rodovia sejam monitoradas. Normalmente neste sistema são instaladas praças de controle em cada acesso e praças de cobrança de pedágio em cada saída da rodovia. Ao entrar na mesma, obtém-se em uma cabine de controle um bilhete que identifica o quilômetro no qual o veículo acessou a rodovia. Ao sair da rodovia o condutor deve apresentar este bilhete na praça de pedágio, onde a distância efetivamente percorrida será registrada e será cobrada uma tarifa de pedágio proporcional a extensão do deslocamento. Com o uso de técnicas de cobrança eletrônica de pedágio esse processo pode ser totalmente automatizado.

Em função da necessidade de se construir e manter praças de controle em todas as entradas e saídas da rodovia, a cobrança de pedágio em todos esses acessos

envolve custos significativos, que usualmente serão repassados ao valor do pedágio implicando em valores mais elevados de tarifa por quilômetro.

O Sistema Aberto corresponde ao sistema praticado na maioria das rodovias, principalmente nas brasileiras, caracterizado por uma via com acessos livres e praças de pedágio com bloqueio transversal localizado na própria pista, distribuídas ao longo dos trechos sob concessão. Desta forma, é necessário definir para cada rodovia os locais onde serão construídas as praças de pedágio assim como o valor do pedágio a ser cobrado em cada praça.

Tanto no Sistema Aberto como no Sistema Fechado, as tarifas a serem pagas podem ser diferentes em cada praça de pedágio (proporcionais à extensão realmente percorrida ou a trechos da via), ou podem ser iguais em todas as praças de pedágio (correspondentes a segmentos de distâncias iguais, independente de corresponderem a trechos reais da via).

Evidentemente, o sistema mais justo é o Sistema Fechado, no qual todos os usuários pagam, e este pagamento é proporcional à utilização da rodovia. Esse sistema, no entanto, só é possível de ser utilizado em auto-estradas do tipo fechada (sem acessos diretos à rodovia e com controle de acessos através de dispositivos de entroncamento tecnicamente dispostos).

Nos casos das rodovias do tipo múltiplas faixas (com acessos diretos à via), dada a impossibilidade da implantação do sistema de cobrança do tipo fechado, deve-se adotar um Sistema Aberto de cobrança que procure atingir os seguintes objetivos:

- Apresentar uma grande abrangência, no sentido de que o menor número de usuários utilize a via sem pagamento da respectiva tarifa;
- Permitir o pagamento de uma tarifa que seja a mais proporcional ao trecho utilizado pelos usuários;
- As praças de pedágio deverão ser em número tal que não implique em paradas sucessivas, gerando desconforto e perda de tempo ao usuário e

custos de implantação e operação mais elevados para a entidade responsável pela via.

Dessa forma, a distribuição das praças deve apresentar uma configuração que atenda ao máximo possível esses objetivos.

No que se refere ao objetivo de maior abrangência, fica claro que a distribuição das praças deve incluir o maior número possível de trechos homogêneos (trechos entre pontos de origem e destino bem caracterizados, com aspectos geométricos uniformes e Volume Diário Médio de Tráfego – VDM situado em mesmo patamar). Deve-se destacar que maior abrangência significa também maior receita de pedágio, aspecto imprescindível para a viabilização do projeto.

No que se refere ao pagamento de valor proporcional à utilização da via pelo usuário, isto geralmente implica na adoção de tarifas variáveis para cada praça, resultante do produto da tarifa básica por quilometro, pela extensão do respectivo trecho homogêneo. Essa configuração (menor espaçamento entre praças e tarifas diferenciadas), no entanto, só se mostra interessante em rodovias de pequena ou média extensão, dependendo da região em que se desenvolvam, do controle de da ocupação junto à faixa de domínio, da proximidade a cidades ou áreas urbanizadas, entre outros aspectos.

Na situação oposta, encontram-se as rodovias de grande extensão, com cidades bem distanciadas, trechos homogêneos longos, com uma componente residual de tráfego de passagem significativa, e para as quais, o mais razoável é a adoção da configuração aberta, com praças de pedágio equidistantes e tarifas iguais, correspondentes a iguais extensões.

No que diz respeito ao sistema de cobrança do pedágio, são identificados três tipos:

- Sistema de cobrança manual;
- Sistema de cobrança semi-automática;

- Sistema de cobrança automática (IAV – Identificação Automática do Veículo).

O sistema de cobrança manual é a solução tradicionalmente empregada. Para cada cabine de cobrança utiliza-se um arrecadador que tem como função classificar o veículo, recolher o valor do pedágio diretamente dos motoristas, emitir o troco e o recibo.

No sistema de cobrança semi-automática a tecnologia mais adequada envolve os denominados “cartões inteligentes” com ou sem contato, somente de leitura ou ainda de leitura/escrita. Quanto à forma de pagamento, pode-se utilizar tanto o pré-pagamento quanto o pós-pagamento.

Para o funcionamento do sistema de cobrança automática (IAV – Identificação Automática do Veículo) é necessário instalar a bordo dos veículos um pequeno dispositivo identificador que, nas proximidades da praça, interage com a rede telemática e registra as informações necessárias para a definição da respectiva tarifa. A tarifa é então debitada da conta bancária do usuário ou do crédito adquirido antecipadamente, equivalente a um número de passagens previamente estabelecido.

3.1 Localização de praças de pedágio

As praças de pedágio devem ser localizadas de forma a evitar um grande efeito de fuga em função do início da cobrança de pedágio, além de evitar fortes impactos sobre a demanda, em função do valor da tarifa.

Sua localização deve priorizar o pagamento de tarifa sobre o tráfego que utiliza o sistema, evitando proximidade aos principais núcleos urbanos. Desta forma, busca-se canalizar o ônus do pagamento da tarifa para os usuários que utilizam maiores extensões rodoviário (viagens de média e longa distância) e ampliar a aceitação por parte da comunidade ao reduzir os impactos do pedagiamento sobre as viagens entre os núcleos urbanos mais próximos.

Sob a ótica de uma distribuição justa do custo de manter e operar o sistema, o ideal seria localizar as praças a intervalos pequenos e com tarifas menores, ampliando a conformidade entre a distância percorrida e a tarifa paga pelo usuário. No entanto, praças de pedágio muito próximas implicam em aumento dos custos de implantação, operação e manutenção das mesmas, acarretam em interrupções freqüentes dos fluxos de tráfego causando desconforto para o usuário e aumento do tempo de viagem, além de acarretar em maiores impactos sobre as viagens mais curtas, em áreas de concentração urbana.

Para a localização mais adequada de praças de pedágio devem ser considerados os seguintes aspectos, conforme recomendações do DNIT:

- Evitar os trechos urbanos não apenas para minimizar problemas com as comunidades locais, mas também para reduzir os custos com desapropriação;
- Observar as condições topográficas e geotécnicas às margens da rodovia, reduzindo os custos do alargamento da via e dando preferência aos trechos de aterro por facilidades construtivas;
- Evitar localização em trechos de rodovia que coincidam com vias alternativas e a fuga do pedágio pela passagem auxiliar da praça de arrecadação;
- Procurar trechos com greide em torno de 1%, preferencialmente com fluxos chegando na praça em rampa ascendente, facilitando a manobra de desaceleração;
- Trechos com tangente mínima em torno de 800 metros;
- Trechos que não apresentem obras-de-arte, de modo a minimizar os custos para o alargamento da pista;
- Observar a localização das praças de pedágio previstas ou em operação nos segmentos adjacentes ou em rodovias transversais.

3.2 *Espaçamento entre praças de pedágio*

Um dos enfoques para a análise de sistemas de pedagiamento concentra-se na análise do espaçamento entre as praças de pedágio, uma vez que este é fator

condicionante para a formação da receita e conseqüentemente para avaliação da capacidade de financiamento do projeto.

A análise do espaçamento das praças de pedágio tem como base os seguintes aspectos:

- A eqüidade (ou a falta de eqüidade) do processo;
- A eficiência do processo de arrecadação.

A análise da eqüidade aborda as eventuais disparidades no tratamento dos usuários no que diz respeito à distância percorrida no sistema e o valor pago. Estas disparidades ocorrem em função do sistema de pedagiamento aberto adotado, que não permite o pagamento de tarifa de acordo com a distância percorrida pelo usuário.

Neste caso, alguns usuários podem pagar proporcionalmente mais do que lhes caberia, enquanto outros poderão até mesmo utilizar a rodovia sem pagar. Desta forma, o princípio da eqüidade prega que a diferença entre os valores pagos por quilômetro percorrido entre usuários da mesma categoria deve ser a menor possível. Ou seja, usuários iguais (possuidores de veículos pertencentes à mesma categoria) devem pagar o mesmo valor pela mesma quantidade de serviço consumido.

Em contrapartida, iniquidade é a diferença entre o valor pago por um veículo em seu percurso na via (que corresponde à tarifa multiplicada pelo total de praças de pedágio pelas quais passa) e o valor correspondente ao produto da extensão de seu percurso e o valor de tarifa estabelecido por quilômetro (ou seja, o valor correspondente ao trecho efetivamente utilizado pelo usuário).

A análise da eficiência do processo de arrecadação envolve os custos de implantação, operação e manutenção da infra-estrutura para cobrança de pedágio nas rodovias.

Os princípios de equidade e eficiência são, no entanto, conflitantes. A cobrança de pedágio com base na distância percorrida pelo veículo possibilita a satisfação do princípio da equidade, uma vez que o usuário irá pagar somente pelo trecho de via efetivamente utilizado. No entanto, em função dos custos adicionais necessários para a implantação de sistemas fechados, que permitem o controle do acesso e saída dos veículos e o registro da distância por ele percorrida, pode implicar em tarifas quilométricas médias para os usuários pagantes mais elevadas do que aquelas que resultariam de uma cobrança de pedágio com poucas praças de pedágio. Assim, é recomendável que se busque o equilíbrio entre a eficiência e a equidade, obtido através da definição de um número de praças ótimo e da localização adequada das mesmas.

3.2.1 Análise da equidade/iniquidade

Para a análise da iniquidade foram analisados diversos estudos sobre concessão rodoviárias, nacionais e internacionais, cuja conclusão conduziu a utilização de critérios e metodologias similares àquela adotada no Estudo de Viabilidade de PPP para o Sistema Rodoviário BR116/BR324 no Estado da Bahia, desenvolvido em junho de 2006, pelo BNDES. O estudo envolve inclusive uma continuidade do trecho de rodovia de interesse e integrante da 3ª Etapa de Concessão Rodoviária Federal – Fase 1 em desenvolvimento, bem como é adaptado às especificidades das condições brasileiras, seja em termos das características funcionais e operacionais da rodovia, seja nas condições de receitas e custos envolvidos.

HIPÓTESES BÁSICAS

As hipóteses básicas compreendem um conjunto de simplificações e considerações adotadas para desenvolvimento da análise da equidade/iniquidade e são assim definidas:

- Cada trecho de via opera com volume constante ao longo de toda a sua extensão;

- Cada trecho de via contribui com a mesma proporção de percursos de veículos, segundo sua extensão na via;
- Os volumes e proporções de percursos segundo extensão não variam com o espaçamento entre praças de pedágio ou a tarifa cobrada, ou seja, não há fugas ou alteração na demanda;
- É arrecadado um valor fixo por veículo equivalente pedagiado, definido com base em determinado valor por quilômetro, multiplicado pelo espaçamento entre praças de pedágio;
- A cada praça de pedágio está associado um custo total fixo por unidade de tempo, necessário à sua implantação e manutenção.

PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO

Com base nas hipóteses adotadas, o cálculo da iniquidade compreende as seguintes atividades:

- Cálculo da iniquidade média por faixa de extensão (I) através da aplicação das fórmulas definidas a seguir;
- Cálculo da iniquidade média (I_m);
- Cálculo do total de percursos na via por dia (T_p);
- Cálculo da iniquidade total (I_t);
- Cálculo da arrecadação total diária da via (A_v);
- Cálculo do fator de iniquidade (Fator I).

Os parâmetros e formulações para cálculo destes elementos são assim definidos:

- V - volume diário médio da via expresso em veículos equivalentes, que corresponde ao número total de veículos pedagiados, considerando seus respectivos fatores multiplicadores de tarifa;
- c - valor a ser cobrado dos veículos por quilômetro (R\$/km);
- E – extensão total da via (km);

- D - distância adotada entre praças de pedágio sucessivas (km). Uma vez que a distância entre praças é constante, corresponde ao quociente entre a extensão total da via (E) e o número de praças de pedágio adotadas;
- y - extensão do percurso do veículo na via (km). Nesta análise simplificada adota-se para cada uma das faixas de extensão estabelecidas, a distância média da respectiva faixa. Para cada percurso de extensão y é identificada a proporção de veículos equivalentes (%) que percorrem as respectivas distâncias;
- y_m - extensão média dos percursos. Corresponde a distância média ponderada entre as extensões dos percursos dos veículos na via (y) e as respectivas proporções de veículos equivalentes que percorrem estas distâncias;
- $T(D) = cD$
Valor da tarifa a ser cobrada por veículo em uma praça de pedágio, considerando o valor cobrado por quilômetro (c) e a distância entre praças de pedágio sucessivas (D);
- $k = \text{int}(y/D)$
Menor número de praças de pedágio pelas quais passa um percurso de extensão y se a distância entre praças é igual a D. O $\text{int}(y/D)$ indica o maior inteiro menor ou igual ao quociente entre a extensão do percurso e a distância entre as praças. Se o espaçamento entre as praças é igual a D, então um percurso de extensão y passa pode passar por k praças de pedágio ou k+1 praças de pedágio, dependendo de onde tenha iniciado seu percurso na via;
- $P = \frac{(k + 1)D - y}{D}$
Proporção dos percursos de extensão y que passa por k praças de pedágio (considerando a hipótese que há geração homogênea de percursos segundo extensão ao longo da via). O restante dos percursos de extensão y, ou seja, a proporção 1- P passa por k+1 praças de pedágio;

- $R = (k+1)T(D) - cy$
Diferença entre o valor efetivamente pago por um veículo que efetua um percurso de extensão y e que passa por $k+1$ praças de pedágio e o valor que deveria pagar considerando o valor por quilômetro (c) e a extensão do percurso na via (y);
- $I = (1 - P)R$
Valor de iniquidade gerada em média por percurso de extensão y na via com distância D entre praças de pedágio. Corresponde à proporção dos veículos que pagam a mais $(1 - P)$ vezes a diferença que pagam a mais (R).
- I_m – iniquidade média para todas as faixas de extensão, ponderando as iniquidades médias de cada faixa (I) pela correspondente proporção veículos equivalentes que percorrem os percursos de extensão y ;
- $T_p = (V/ym)E$
Total de percursos na via;
- $I_t = I_m T_p$
Iniquidade total da via, correspondente ao produto da iniquidade média para todas as faixas de extensão (I_m) e o total de percursos na via (T_p);
- $A_v = V_c E$
Arrecadação total da via igual ao produto do volume diário, pela tarifa por quilômetro e a extensão da via;
- Fator $I = 1 - (I_t/A_v)$
Fator de iniquidade. De forma a permitir a comparação entre equidade e eficiência, adotou-se medir a equidade como proporção do valor arrecadado. No entanto, isto não significa que se pode comparar os valores absolutos de iniquidade e arrecadação.

3.2.2 Análise da eficiência

A eficiência do processo de arrecadação pode ser avaliada por meio da proporção do valor total arrecadado menos o custo de realizar a arrecadação, em relação ao total arrecadado, composto por parcelas correspondentes a investimento,

operação e manutenção das praças de pedágio, inclusive para realizar a arrecadação.

O cálculo da eficiência é definido pelas fórmulas:

- $Ef = 1 - (A/A_p)$

Eficiência do processo de arrecadação, onde A é o custo diário de uma praça de pedágio (dependendo do número de cabines e do sistema de cobrança de pedágio adotada);

- $A_p = VcD$

Arrecadação diária de uma praça de pedágio, que corresponde ao produto do volume diário médio da via (V), da tarifa empregada por quilômetro (c) e a distância entre praças de pedágio (D).

Valores negativos de eficiência indicam custo de arrecadação superior ao valor da própria arrecadação.

A eficiência pode ser avaliada também com base no conceito de Momento de Transporte, que corresponde a produto do VDM pelo espaçamento entre praças, medido em veículos/dia x km.

A exceção de variações significativas na composição do tráfego, o Momento de Transporte guarda estreita proporção com a receita de pedágio. Desta forma, com base no produto do Momento de Transporte e da tarifa adotada por quilômetro, é possível comparar a estimativa de arrecadação diária para cada praça de pedágio e o custo diário da respectiva praça, obtendo-se os valores de eficiência por praça e para a rodovia como um todo (considerando o número total de praças adotado).

A equidade e a eficiência podem ser analisadas em termos da diferença (positiva ou negativa) de equidade correspondente à perda de eficiência em termos marginais, verificando as perdas ou ganhos ocorridos ao se passar de um número k de praças de pedágio para um número k+1 de praças.



A escolha do número de praças de pedágio, com base nos parâmetros avaliados, deverá buscar atender aos seguintes critérios:

- Eficiência positiva, preferencialmente superior a 80%;
- Ganho marginal de equidade positivo, evitando assim perda tanto de equidade quanto de eficiência.

4 ESTUDO DE SISTEMA DE PEDAGIAMENTO PARA A BR 040

Neste item são abordados aspectos referentes ao sistema de pedagiamento proposto para a Rodovia BR 040, no trecho em estudo desde Distrito Federal até Juiz de Fora, no início do trecho operado e administrado pela CON CER. Inicialmente são apresentadas as características gerais do modelo adotado, descrevendo seus principais parâmetros técnicos e funcionais. Posteriormente é feita uma análise preliminar do número e espaçamento entre as praças de pedágio, que geraram subsídios para a proposição de alternativas para o sistema de pedagiamento da BR 040. Em uma etapa final, as alternativas propostas são analisadas de forma comparativa a fim de evidenciar seus aspectos positivos e negativos.

4.1 Modelo adotado na BR 040

O sistema de pedagiamento proposto para a BR 040 compreende um sistema do tipo aberto, com praças de arrecadação em forma de barreira, com cobrança de uma tarifa fixa, diferenciada por categoria de veículo. As praças de pedágio deverão ser eqüidistantes e, conseqüentemente, deverão ser cobradas tarifas iguais para todas elas.

A cobrança deverá ser bidirecional, evitando assim valores de tarifas mais elevados, em função da cobrança em um único sentido, e o aumento das fugas por meio de rotas alternativas ou mudança no comportamento dos usuários com a redução do número de viagens.

O sistema de arrecadação compreenderá as seguintes tecnologias:

- Sistema de cobrança manual ou semi-automática, com parada do veículo;
- Sistema de cobrança automática, sem necessidade de parada do veículo.

O número de cabines de arrecadação por praça de pedágio e o número correspondente de arrecadadores, considerando as hipóteses de cobrança

manual e automática, são dimensionados em função do volume de tráfego por período do dia e dias de maior demanda, ao longo do horizonte do projeto, da performance de cada uma das modalidades de arrecadação, e da adesão progressiva ao longo do período de concessão, por parte dos usuários, em relação aos sistemas de cobrança semi-automático e automático. Estes aspectos estão apresentados no capítulo 6 deste relatório.

4.2 Análise do espaçamento entre praças de pedágio para a BR 040

De forma a orientar o estudo de alternativas para o sistema de pedagiamento da BR 040, foi feita inicialmente uma análise geral e simplificada (adotando-se valores médios e estimativas para os parâmetros de cálculo) do número de praças de pedágio e seu respectivo espaçamento. Esta análise baseou-se nas hipóteses e procedimentos de cálculo descritos nos itens 3.2.1 e 3.2.2, culminado na análise da equidade/iniqüidade e eficiência para o intervalo entre 9 e 19 praças de pedágio.

4.2.1 Dados utilizados

Para desenvolvimento da avaliação foram utilizados os seguintes dados:

- $V = 19.935$ veículos equivalentes, correspondente ao volume médio obtido para os postos de pesquisa distribuídos ao longo do trecho em estudo da BR 040, ponderados pelos fatores multiplicadores de tarifa conforme mostra a tabela 2.1, incluindo os critérios previstos para os veículos com mais de 6 eixos. O volume correspondente ao posto localizado no Anel Viário da cidade de Belo Horizonte foi desconsiderado para obtenção do VDM médio, uma vez que se trata de tráfego com características urbanas, em trecho onde não deverá ser implantada praça de pedágio.
- Proporção de veículos equivalentes por extensão de percurso na via (y), obtida a partir dos resultados da pesquisa de origem e destino efetuada na rodovia, conforme mostra a tabela a seguir.

Tabela 4.1: Proporção de veículos equivalentes segundo faixas de extensão.

Faixas de extensão		Distância Média (km)	% Veículos Equivalentes
Limite Inferior	Limite Superior		
-	50	25	18,68%
50	100	75	14,09%
100	200	150	16,36%
200	300	250	10,07%
300	400	350	6,76%
400	500	450	10,73%
500	600	550	6,72%
600	700	650	4,09%
700	800	750	12,50%

Fonte: Pesquisa de Origem e Destino, 2007

- $c = R\$ 0,035/\text{veic}$, conforme valores de referência obtidos na pesquisa de opinião e disposição a pagar, realizada no âmbito dos estudos em pauta;
- $E = 937 \text{ km}$;
- Distância entre praças de pedágio (D) variando entre 104,3 km (9 praças de pedágio) e 49,43 km (19 praças de pedágio);
- Distância média adotada para as faixas de percurso (y), conforme tabela 4.1;
- $y_m = 294,22 \text{ km}$, correspondente à extensão média dos percursos ponderada pela proporção de veículos equivalentes;
- Em relação ao custo de uma praça de pedágio (A) adotou-se a seguinte configuração: cada praça será composta por 11 pistas de cobrança manual, com 4 pistas reversíveis e duas pistas laterais de cobrança IVA, que corresponde a configuração tipo definida para trechos de rodovia de pista dupla. Com essa configuração admite-se o funcionamento aos moldes de 10 cabines de arrecadação. Em relação ao custo de implantação, operação e manutenção buscou-se informações sobre os custos observados nas rodovias concessionadas na malha rodoviária brasileira, em particular, aquelas relativas ao Estado de São Paulo. Com base nessas informações, estimou-se um custo de implantação por cabine de arrecadação de R\$ 351.000,00. No que diz respeito aos custos de operação e manutenção das praças de pedágio, a análise das informações indica que estes se situam entre 3% a 6% do custo de implantação dos equipamentos de cobrança (cabines e pistas

automáticas). Adotou-se o valor médio de 5% para fins de estimativa dos custos operacionais por praça de pedágio. O valor resultante do custo diário de operação, manutenção e implantação da praça de pedágio representativa do modelo adotado é de R\$ 10.100,00, a preços de dezembro de 2007.

4.2.2 Procedimentos de cálculo

Para o cálculo da iniquidade e da eficiência foram desenvolvidos os procedimentos detalhados nos itens 3.2.1 e 3.2.2.

O cálculo do fator de iniquidade foi realizado para situações contendo entre 9 a 19 praças de pedágio. Este intervalo foi definido com base na distância resultante entre praças, limitada para esta análise entre 100 km e 50 km. Posteriormente foi calculada a eficiência para cada situação e comparados os parâmetros iniquidade e eficiência através do ganho marginal resultante da variação entre o número de praças de pedágio.

4.2.3 Resultados obtidos

Os resultados obtidos para a iniquidade e eficiência para o intervalo entre 9 e 19 praças de pedágio para a BR040 são mostrados na tabela a seguir.

Tabela 4.2: Resultados para cálculo de Iniquidade e Eficiência – BR 040.

Nº de Praças	Espaçamento (km)	Fator I (%)	Eficiência (%)	Ganho Marginal Eqüidade/Eficiência
9	104,34	7,27%	86%	-0,10
10	93,91	5,27%	85%	1,30
11	85,37	4,79%	83%	0,31
12	78,26	4,05%	82%	0,48
13	72,24	3,86%	80%	0,12
14	67,08	4,09%	78%	-0,15
15	62,61	3,47%	77%	0,40
16	58,69	3,99%	75%	-0,34
17	55,24	3,87%	74%	0,08
18	52,17	3,74%	72%	0,08
19	49,43	2,33%	71%	0,92

O Ganho Marginal de Eqüidade e Eficiência representa o ganho de eqüidade correspondente à perda de eficiência em termos marginais, com a adição de uma

praça de pedágio. Como por exemplo, no caso de se passar de dez praças de pedágio para onze, há um ganho de equidade de 0,47% pontos percentuais (iniqüidade passando de 5,27% para 4,79%, lembrando que redução do fator de iniqüidade representa ganhos em termos de equidade), para uma correspondente a perda de eficiência de 2% (eficiência passando de 85% para 83%), resultando em ganho marginal de 0,31.

Com base nestes resultados e nos critérios para seleção do número de praças de pedágio apresentados no item 3.2.2 podem ser feitas as seguintes considerações:

- A eficiência de arrecadação para o intervalo entre 9 e 12 praças de pedágio mostra-se alta, superando o valor mínimo aceitável de 80%;
- No que diz respeito ao ganho marginal, verifica-se que as situações com 9, 14 e 16 praças não seriam razoáveis, uma vez que apresentam ganho marginal negativo, correspondendo a perda simultânea de equidade e eficiência;
- Entre as alternativas avaliadas a situação com 12 praças de pedágio apresenta iniqüidade igual a 4,05%, a menor entre as alternativas com eficiência superior a 80%, e ganho marginal positivo, equivalente a 0,48, o segundo maior entre os valores observados nesta mesma faixa.

4.3 Propostas de sistema de pedagiamento para a BR 040

A análise do número e espaçamento de praças de pedágio forneceu subsídios para a proposição de alternativas para o sistema de pedagiamento da BR 040, aliada a consideração de características específicas da rodovia.

A partir destas premissas foram estudadas configurações para a distribuição de praças de pedágio para a BR 040, adotando-se algumas distâncias entre praças consideradas razoáveis diante da extensão do trecho em estudo, com o seguinte objetivo:

- Evitar uma configuração com número de praças elevado, o que poderia acarretar em desconforto para o usuário no processo de pagamento, especialmente em viagens de longa distância, contribuindo para ampliar seu tempo de viagem;

- Buscar uma configuração onde o número de praças não seja tão pequeno a ponto de reduzir em muito a abrangência da cobrança, implicando, ao mesmo tempo, num aumento do valor da tarifa. Cabe lembrar que a tarifa é igual ao valor da tarifa básica por quilômetro multiplicada pelo trecho de cobertura da praça, considerando inclusive que as praças são eqüidistantes.

Foram analisadas alternativas de quantidades de praças para toda a rodovia e calculados seus respectivos trechos de cobertura. Uma vez estabelecidos os espaçamentos entre praças foi fixada a localização da praça inicial e, a partir dessa, feita a distribuição das demais. A localização da praça inicial atendeu a duas alternativas:

- Localização da primeira praça de pedágio no trecho entre Brasília e Luziânia, por se constituir em um trecho duplicado, com volume diário médio (VDM = 26.948 veículos/dia), bastante superior aos trechos seguintes. O aspecto benéfico desta alternativa está em sua capacidade de proporcionar, devido ao elevado fluxo diário de tráfego (VDM), uma receita bastante significativa. Como aspecto adverso, está o fato do subtrecho (Brasília/Luziânia) possuir apenas 32,5 km de extensão e, portanto, os usuários deste subtrecho estariam pagando uma tarifa muito maior proporcionalmente a sua utilização efetiva da rodovia, se comparado aos demais usuários da área de cobertura da praça;
- Localização da primeira praça de pedágio já no trecho Luziânia – Cristalina, de forma que a sua localização corresponda a um ponto próximo ao centro do seu trecho de cobertura, embora seu VDM seja de apenas 4.678 veículos/dia. Esta alternativa proporciona uma cobrança mais eqüitativa para todos os usuários, porém gera uma receita muito menor.

Para cada uma das alternativas propostas foram estabelecidos pontos teóricos de localização da primeira praça, de forma que a distribuição das demais praças também atendesse a premissa de incluir trechos de maior abrangência (ou seja, maior VDM). Além disso, buscou-se que os respectivos segmentos de cobertura correspondessem a trechos significativos em relação às principais localidades

(acesso às cidades, entroncamentos com outras rodovias, etc) ao longo do trecho em estudo.

A partir daí foram analisadas hipóteses contendo 10, 11, 12, 13 praças de pedágio ao longo da rodovia e, portanto, com espaçamento médio entre 94 km e 72 km, respectivamente, com a variação da localização da primeira praça (antes e depois da cidade de Luziânia) em cada uma destas hipóteses. A alternativa de 19 praças de pedágio com espaçamento entre praças de 50 km, ainda que apresentando valores de eficiência inferiores aos limites estabelecidos como aceitáveis, foi incorporada à análise em função de seu baixo fator de iniquidade e ganho marginal positivo. Nesta situação foi considerada apenas a localização da primeira praça de pedágio antes de Luziânia, permitindo assim manter o espaçamento entre praças constante até o final do trecho em estudo, igual a 50 km.

As diferentes hipóteses ou alternativas consideradas, bem como as variações com relação a primeira praça de pedágio são mostradas nas tabelas a seguir. Para cada alternativa foram calculados os respectivos momentos de transporte em veículos/dia x km.

Tabela 4.3: Hipótese 1 A- 10 praças de pedágio e primeira praça localizada antes de Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
10	94 km	km 27,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
1	30,7	22,3			26.948	2.533.112
	32,5	24,1		Luziânia		
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
2	124,7	116,3			2.164	203.416
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
3	218,7	53,0			3.889	365.566
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
4	312,7	147,0			2.922	274.668
	390,6	224,9		BR365	2.922	
5	406,7	241,0			2.259	212.346
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
6	500,7	335,0			2.973	279.462
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
7	594,7	429,0			8.375	787.250
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
	674,6	508,9		MG432	15.720	
8	688,7	523,0			23.399	2.199.506
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
	729,3	563,6		BR356	35.904	
	763,3	597,6		MG442		
9	782,7	617,0			13.133	1.234.502
	795,2	629,5		Conselheiro Lafaiete	13.133	
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
10	876,7	711,0			8.414	790.916
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
Total			937			8.880.744

Tabela 4.4: Hipótese 1 B- 10 praças de pedágio e primeira praça localizada após Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
10	94 km	km 52,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
	32,5	24,1		Luziânia		
1	52,7	44,3			4.678	439.732
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
2	146,7	138,3			2.164	203.416
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
3	240,7	75,0			3.889	365.566
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
4	334,7	169,0			2.922	274.668
	390,6	224,9		BR365	2.922	
5	428,7	263,0			2.259	212.346
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
6	522,7	357,0			2.973	279.462
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
7	616,7	451,0			14.541	1.366.854
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
	674,6	508,9		MG432	15.720	
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
8	710,7	545,0			35.904	3.374.976
	729,3	563,6		BR356	35.904	
	763,3	597,6		MG442		
	795,2	629,5		Conselheiro Lafaiete	13.133	
9	804,7	639,0			8.838	830.772
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
10	898,7	733,0			8.414	790.916
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
Total			937			8.138.708

Tabela 4.5: Hipótese 2 A - 11 praças de pedágio e primeira praça localizada antes de Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
11	85 km	Km 30,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
1	30,7	22,3			26.948	2.290.580
	32,5	24,1		Luziânia		
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
2	115,7	107,3			2.164	183.940
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
3	200,7	35,0			2.164	183.940
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
4	285,7	120,0			3.889	330.565
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
5	370,7	205,0			2.922	248.370
	390,6	224,9		BR365	2.922	
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
6	455,7	290,0			2.973	252.705
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
7	540,7	375,0			3.349	284.665
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
8	625,7	460,0			14.541	1.235.985
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
	674,6	508,9		MG432	15.720	
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
9	710,7	545,0			35.904	3.051.840
	729,3	563,6		BR356	35.904	
	763,3	597,6		MG442		
	795,2	629,5		Conselheiro Lafaiete	13.133	
10	795,7	630,0			8.838	751.230
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
11	880,7	715,0			8.414	
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
Total			936,8			8.813.820

Tabela 4.6: Hipótese 2 B - 11 praças de pedágio e primeira praça localizada após Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
11	85 km	Km 48,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
	32,5	24,1		Luziânia		
1	48,7	40,3			4.678	397.630
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
2	133,7	125,3			2.164	183.940
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
3	218,7	53,0			3.889	330.565
4	303,7	138,0			3.889	330.565
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
5	388,7	223,0			2.922	248.370
	390,6	224,9		BR365	2.922	
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
6	473,7	308,0			2.973	252.705
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
7	558,7	393,0			3.349	284.665
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
8	643,7	478,0			15.720	1.336.200
	674,6	508,9		MG432	15.720	
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
9	728,7	563,0			35.904	3.051.840
	729,3	563,6		BR356	35.904	
	763,3	597,6		MG442		
	795,2	629,5		Conselheiro Lafaiete	13.133	
10	813,7	648,0			8.838	751.230
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
11	898,7	733,0			8.414	
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
			936,8			7.167.710

Tabela 4.7: Hipótese 3 A - 12 praças de pedágio e primeira praça localizada antes de Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
12	78 km	Km 25,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
1	25,7	17,3			26.948	2.101.944
	32,5	24,1		Luziânia		
2	103,7	95,3			4.678	364.884
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
3	181,7	16,0			2.164	168.792
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
4	259,7	94,0			3.889	303.342
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
5	337,7	172,0			2.922	227.916
	390,6	224,9		BR365	2.922	
6	415,7	250,0			2.259	176.202
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
7	493,7	328,0			2.973	231.894
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
8	571,7	406,0			3.349	261.222
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
9	649,7	484,0			15.720	1.226.160
	674,6	508,9		MG432	15.720	
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
10	727,7	562,0			35.904	2.800.512
	729,3	563,6		BR356	35.904	
	763,3	597,6		MG442		
	795,2	629,5		Conselheiro Lafaiete	13.133	
11	805,7	640,0			8.838	689.364
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
12	883,7	718,0			8.414	656.292
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
Total			937			9.208.524

Tabela 4.8: Hipótese 3 B - 12 praças de pedágio e primeira praça localizada após Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
12	78 km	km 52,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
	32,5	24,1		Luziânia		
1	52,7	44,3			4.678	364.884
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
2	130,7	122,3			2.164	168.792
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
3	208,7	43,0			3.889	303.342
4	286,7	121,0			3.889	303.342
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
5	364,7	199,0			2.922	227.916
	390,6	224,9		BR365	2.922	
6	442,7	277,0			2.259	176.202
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
7	520,7	355,0			2.973	231.894
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
8	598,7	433,0			8.375	653.250
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
	674,6	508,9		MG432	15.720	
9	676,7	511,0			23.399	1.825.122
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
	729,3	563,6		BR356	35.904	
10	754,7	589,0			13.133	1.024.374
	763,3	597,6		MG442		
	795,2	629,5		Conselheiro Lafaiete	13.133	
11	832,7	667,0			8.838	689.364
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
12	910,7	745,0			8.414	656.292
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
Total			937			6.624.774

Tabela 4.9: Hipótese 4 A - 13 praças de pedágio e primeira praça localizada antes de Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
13	72 km	km 27,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
1	27,7	19,3			26.948	1.940.256
	32,5	24,1		Luziânia		
2	99,7	91,3			4.678	336.816
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
3	171,7	6,0			2.164	155.808
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
4	243,7	78,0			3.889	280.008
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
5	315,7	150,0			2.922	210.384
6	387,7	222,0			2.922	210.384
	390,6	224,9		BR365	2.922	
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
7	459,7	294,0			2.259	162.648
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
8	531,7	366,0			2.973	214.056
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
9	603,7	438,0			8.375	603.000
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
	674,6	508,9		MG432	15.720	
10	675,7	510,0			23.399	1.684.728
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
	729,3	563,6		BR356	35.904	
11	747,7	582,0			13.133	945.576
	763,3	597,6		MG442		
	795,2	629,5		Conselheiro Lafaiete	13.133	
12	819,7	654,0			8.838	636.336
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
13	891,7	726,0			8.838	636.336
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
Total			937			8.016.336

Tabela 4.1: Hipótese 4 B - 13 praças de pedágio e primeira praça localizada após de Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
13	72 km	km 49,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
	32,5	24,1		Luziânia		
1	49,7	41,3			4.678	336.816
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
2	121,7	113,3			2.164	155.808
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
3	193,7	28,0			2.164	155.808
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
4	265,7	100,0			3.889	280.008
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
5	337,7	172,0			2.922	210.384
	390,6	224,9		BR365	2.922	
6	409,7	244,0			2.259	162.648
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
7	481,7	316,0			2.973	214.056
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
8	553,7	388,0			3.349	241.128
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
9	625,7	460,0			14.541	1.046.952
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
	674,6	508,9		MG432	15.720	
10	697,7	532,0			23.399	1.684.728
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
	729,3	563,6		BR356	35.904	
	763,3	597,6		MG442		
11	769,7	604,0			13.133	945.576
	795,2	629,5		Cons Lafaiete	13.133	
12	841,7	676,0			8.838	636.336
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
13	913,7	748,0			8.328	599.616
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
Total			937			6.669.864

Tabela 4.11: Hipótese 5 - 19 praças de pedágio, primeira praça localizada antes de Luziânia.

Nº de Praças	Espaçamento	Local Primeira Praça
19	50 km	km 27,7

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
1	27,7	19,3			26.948	1.347.400
	32,5	24,1		Luziânia		
2	77,7	69,3			4.678	233.900
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
3	127,7	119,3			2.164	108.200
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
4	177,7	12,0			2.164	108.200
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
5	227,7	62,0			3.889	194.450
6	277,7	112,0			3.889	194.450
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
7	327,7	162,0			2.922	146.100
8	377,7	212,0			2.922	146.100
	390,6	224,9		BR365	2.922	
9	427,7	262,0			2.259	112.950
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
10	477,7	312,0			2.973	148.650
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
11	527,7	362,0			3.349	167.450
12	577,7	412,0			3.349	167.450
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
13	627,7	462,0			14.541	727.050
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
	674,6	508,9		MG432	15.720	
14	677,7	512,0			23.399	1.169.950
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
15	727,7	562,0			35.904	1.795.200
	729,3	563,6		BR356	35.904	
	763,3	597,6		MG442		
16	777,7	612,0			13.133	656.650
	795,2	629,5		Conselheiro Lafaiete	13.133	
17	827,7	662,0			8.838	441.900
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
18	877,7	712,0			8.414	420.700
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
19	927,7	762,0			8.328	416.400
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
Total			937			8.703.150

4.4 Análise de hipóteses para sistema de pedagiamento e alternativas de configuração

Para cada uma das hipóteses avaliadas foram calculados os momentos de transporte. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro Comparativo seguinte.

Tabela 4.12: Quadro comparativo das hipóteses para pedagiamento da BR 040.

Hipótese	Nº de Praças	Espaçam. (km)	Praça Inicial	km	Momento de Transp.	Ranking Momento Transporte
1A	10	94	Antes Luziânia	30,7	8.880.744	2º
1B	10	94	Após Luziânia	52,7	8.138.708	5º
2A	11	85	Antes Luziânia	30,7	8.813.820	3º
2B	11	85	Após Luziânia	48,7	7.167.710	7º
3A	12	78	Antes Luziânia	25,7	9.208.524	1º
3B	12	78	Após Luziânia	52,7	6.624.774	9º
4A	13	72	Antes Luziânia	27,7	8.016.336	6º
4B	13	72	Após Luziânia	49,7	6.669.864	8º
5	19	50	Antes Luziânia	27,7	8.703.150	4º

Sobre os resultados obtidos cabem as seguintes observações:

Entre todas, a hipótese 3 A, com 12 praças de pedágio, espaçamento de 78 km e a primeira praça de pedágio antes de Luziânia, é a que apresenta o maior momento de transporte (9.208.524 veículos/dia x km) e, portanto, apresenta a maior receita potencial.

Entre as hipóteses com a primeira praça de pedágio localizada após Luziânia, a Hipótese 1 B, com 10 praças e 94 km de espaçamento entre as mesmas foi a que apresentou o maior momento de transporte (8.138.708 veículos/dia x km), o qual corresponde a 88,4% do momento de transporte proporcionado pela Hipótese 3 A. Em termos de uma classificação geral está hipótese está posicionada na 5ª colocação.

No que diz respeito à disposição das praças de pedágio da Hipótese 3 A, pode-se observar na tabela 4.7 que, de um modo geral, as praças de pedágio estão bem

localizadas em relação às principais cidades e pontos de acesso as demais rodovias da região.

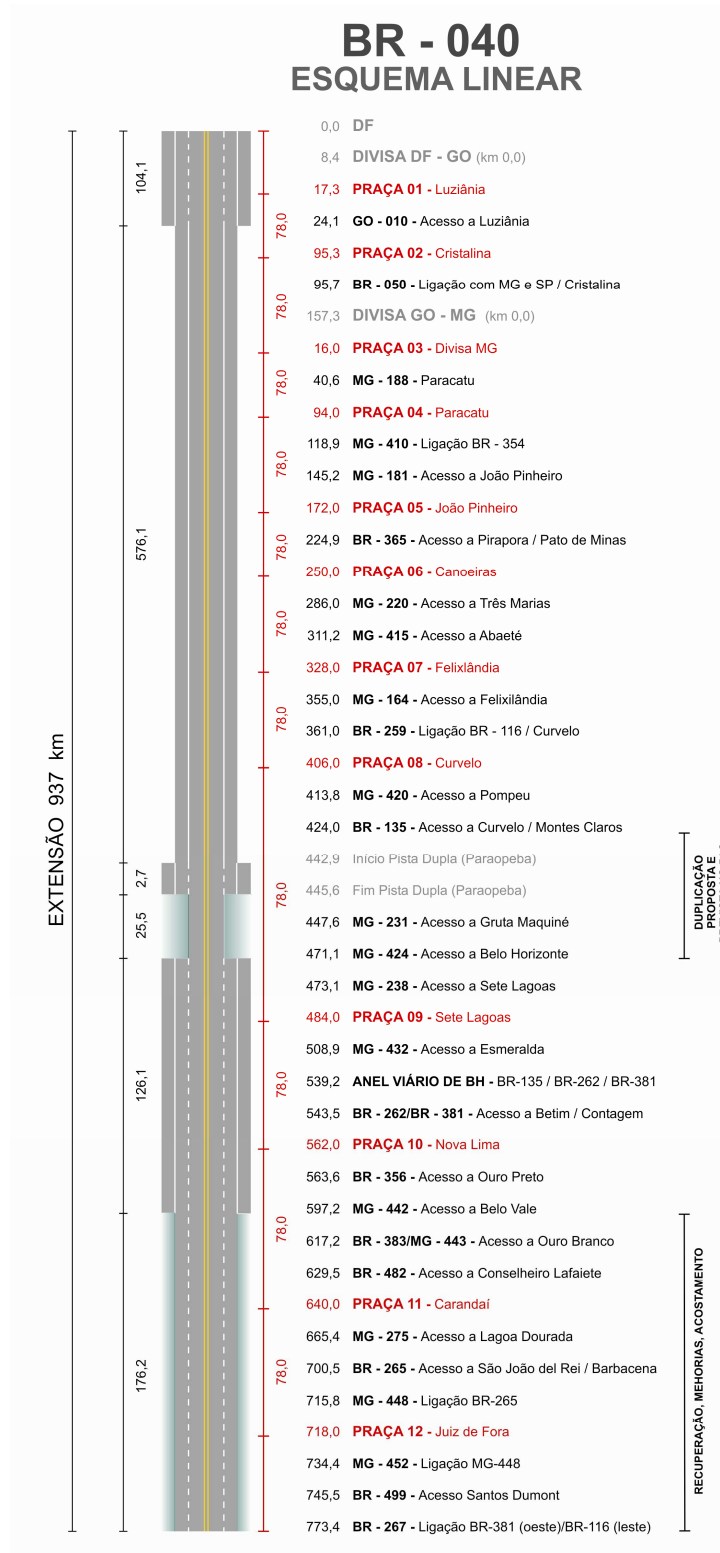
Tanto no trecho compreendido entre as cidades de Juiz de Fora e Belo Horizonte, com 3 praças localizadas entre Juiz de Fora, Barbacena, Conselheiro Lafaiete e Belo Horizonte, como no trecho entre Belo Horizonte e Brasília, onde se localizam as 9 praças restantes, há um certo equilíbrio na distribuição das praças pelos segmentos da rodovia. Essa distribuição, entretanto, não pode ser considerada ideal, devido ao trecho entre Felixlândia e Belo Horizonte que inclui Paraopeba e Sete Lagoas. Este trecho apresenta apenas 2 praças de pedágio, uma próxima daquela primeira cidade, e outra próxima a Sete Lagoas, apesar de apresentar vários subtrechos distintos, inclusive com volumes superiores aos volumes das praças previstas.

Diante destes aspectos foram analisadas de forma pormenorizada duas alternativas de distribuição, localização e quantidade de praças de pedágios, que representam alternativas de configuração tipológica das mesmas.

A primeira considera a BR 040, na totalidade do trecho em estudo como um segmento homogêneo, desconsiderando as diferenças físicas, funcionais e operacionais e os diferentes volumes de tráfego dos trechos que a compõem. Esta configuração corresponde a Alternativa 1 de Localização de Praças de Pedágio. Em termos das hipóteses estudadas e anteriormente apresentadas aquela que melhor atende essa configuração é a hipótese 3 A.

A figura 4.1 a seguir apresenta unifilar esquemático dessa configuração.

Figura 4.1. Unifilar Esquemático - Alternativa 1.



Após a identificação e seleção da quantidade de praças, do espaçamento médio resultante em função dos melhores resultados quanto eficiência e equidade, foi estudada a possibilidade de implantação de uma segunda alternativa, denominada de Alternativa 2 que considerou as diferenças operacionais e os diferentes volumes de tráfego por trechos, propondo o tratamento da via como dois segmentos distintos.

- O primeiro segmento corresponde ao trecho de Juiz de Fora até o entroncamento com a Rodovia BR 135, que possui ou apresentará até o 1º primeiro ano de início de concessão (2009) em função de obras de duplicação, no mínimo duas faixas de tráfego por sentido de Juiz de Fora até Sete Lagoas e com programação de Duplicação em curto prazo até o mencionado entroncamento com a Rodovia BR 135 (intervenção constante do PAC). Este segmento se caracteriza como um trecho rodoviário duplicado com duas ou mais faixas de tráfego por sentido. O volume de tráfego neste segmento é variável apresentando valores superiores a 50 mil veículos diários no subtrecho do Anel Viário de Belo Horizonte até valores próximos até 10 mil veículos por dia. Esse segmento atende diversas cidades importantes tais como Barbacena, Conselheiro Lafaiete, Ouro Preto, Congonhas e diversas outras cidades históricas de Minas Gerais, Sete Lagoas e toda a Região Metropolitana de Belo Horizonte.
- O outro segmento corresponde ao trecho entre o entroncamento da Rodovia BR 135 até o Distrito Federal, configurando-se tipicamente como uma rodovia de pista simples, de volume de tráfego preponderantemente inferior a 4 mil veículos por dia, exceto no subtrecho a partir de Luziânia até o Distrito Federal, duplicado com 2 ou 3 faixas de tráfego por sentido e fluxo de tráfego tipicamente urbano com valores superiores a 20 mil veículos por dia. Em termos de atendimento a pólos regionais destacam-se os municípios de Três Lagoas, João Pinheiro, Paracatu, Paraopeba, Cristalina, Luziânia e atingindo o Distrito Federal.

A Alternativa 2 tem como base a configuração de 19 praças de pedágio que, em função do espaçamento resultante entre praças de 50 km, resultou no menor

Fator de Iniquidade, conforme apresentado na tabela 4.2. Nesta configuração, no entanto, é proposto um novo esquema operacional de atendimento para Rodovia BR 040, apresentado na Tabela 4.13, onde se admitiu, diante dos baixos fluxos médios de tráfego na situação atual (VDMs inferiores a 5000 veículos/dia), a suspensão da cobrança nas praças de pedágio do trecho compreendido entre Cristalina e a BR-135. Isto significa a não implantação das praças identificadas na Hipótese 5, Tabela 4.11, pelos números 2 a 12, premissa básica para a definição desta alternativa. A Alternativa 2 resultante, com configuração de 9 praças de pedágio e espaçamento entre praças de 50 km é apresentada na tabela 4.13 e no Esquema Unifilar da figura 4.2.

Para a Alternativa 2 foram calculados os valores de iniquidade e eficiência utilizando os procedimentos descritos nos itens 3.2.1 e 3.2.2. Para esta alternativa foram consideradas duas situações:

- Cálculo da iniquidade considerando o segmento de 550 km entre a cidade de Cristalina e a BR 135 onde haverá a supressão das praças de pedágio e conseqüentemente, a não cobrança da tarifa, para cálculo da extensão total do trecho em estudo. Neste caso, o espaçamento entre a Praça 2 do primeiro trecho e a Praça 1 do segundo trecho foi admitida como 550 km;
- Cálculo da iniquidade desconsiderando a extensão do segmento entre a cidade de Cristalina e a BR 135 onde haverá a supressão das praças de pedágio, obtendo os indicadores somente para o trecho efetivamente pedagiado (onde estão localizadas praças de pedágio).

Os resultados obtidos são mostrados na tabela 4.14.

Tabela 4.13: Esquema com 9 praças de pedágio, primeira praça localizada antes de Luziânia sem cobrança de pedágio no trecho entre Cristalina e entroncamento com a BR 135.

Praça	Extensão (km)	Km da Rodovia	Extensão (km)	Local	VDM	Momento de Transporte
	0	8,4		Brasília		
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948	
1	27,7	19,3			26.948	1.347.400
	32,5	24,1		Luziânia		
2	77,7	69,3			4.678	233.900
	104,1	95,7		Cristalina	4.678	
	127,7	119,3			2.164	
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG		
	177,7	12,0			2.164	
	205,7	40,0		Paracatu	2.164	
	227,7	62,0			3.889	
	277,7	112,0			3.889	
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889	
	327,7	162,0			2.922	
	377,7	212,0			2.922	
	390,6	224,9		BR365	2.922	
	427,7	262,0			2.259	
	451,7	286,0		Três Marias	2.259	
	477,7	312,0			2.973	
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973	
	527,7	362,0			3.349	
	577,7	412,0			3.349	
	579,5	413,8		MG420	3.349	
	589,7	424,0		BR135		
	608,6	442,9		Paraopeba	8.375	
	611,3	445,6		km 445,6	14.541	
1	627,7	462,0			14.541	727.50
	638,8	473,1		Sete Lagoas		
	674,6	508,9		MG432	15.720	
2	677,7	512,0			23.399	1.169.950
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399	
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054	
3	727,7	562,0			35.904	1.795.200
	729,3	563,6		BR356	35.904	
	763,3	597,6		MG442		
4	777,7	612,0			13.133	656.650
	795,2	629,5		Cons Lafaiete	13.133	
5	827,7	662,0			8.838	441.900
	866,2	700,5		Barbacena	8.838	
6	877,7	712,0			8.414	420.700
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414	
7	927,7	762,0			8.328	416.400
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328	
	Total		937			7.209.150

Figura 4.2. Unifilar Esquemático - Alternativa 2.

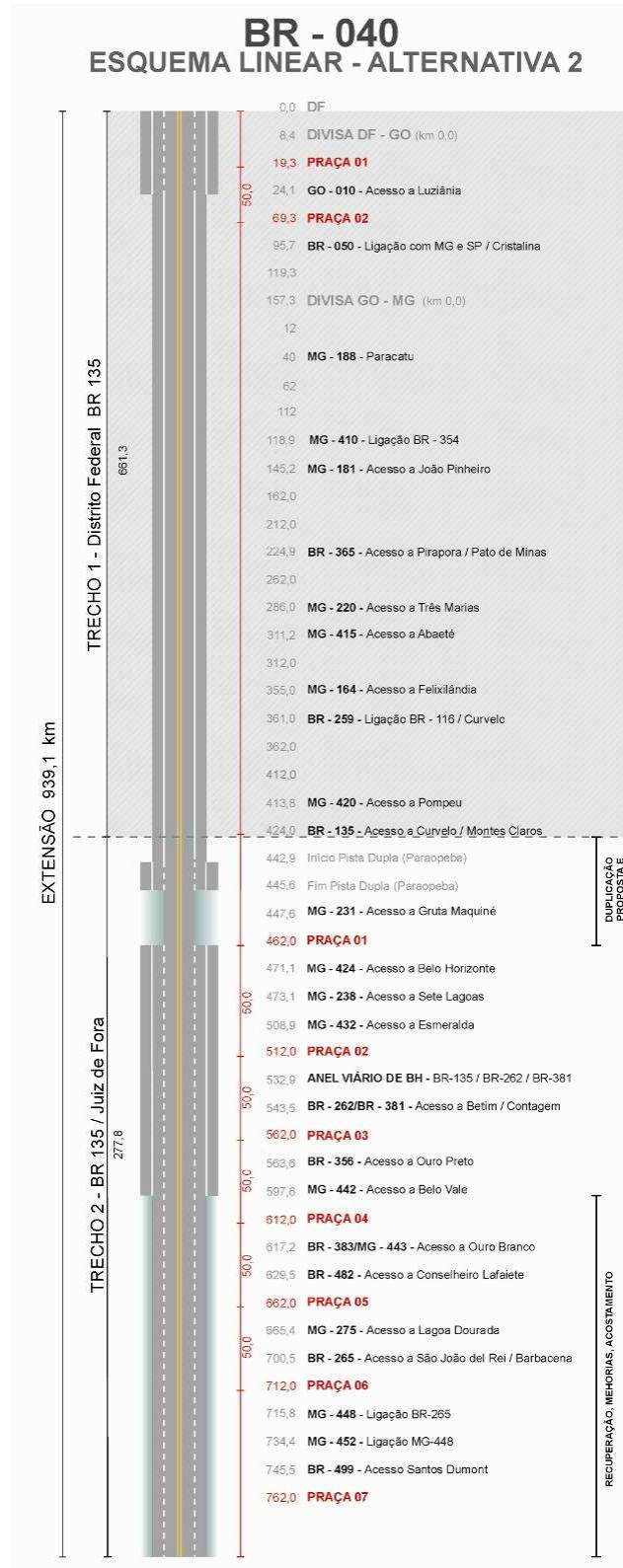


Tabela 4.14: Resultados para cálculo de Iniquidade e Eficiência – BR 040, Alternativa 2.

Nº de Praças	Espaçamento (km)	Trecho Crist./BR135	Fator I (%)	Eficiência (%)	Ganho Marginal Equidade/Eficiência
9	50	Sim	7,46%	71%	-0,02
9	50	Não	1,39%	71%	0,34

A análise da Alternativa 2 mostra que os valores para iniquidade são bastante altos se considerada a extensão total da via, ao mesmo tempo em que a eficiência se mostra inferior a 80%, que é o limite mínimo considerado aceitável para o indicador. Já para a situação onde é considerado somente o trecho efetivamente pedagiado da rodovia, apesar do fator de iniquidade apresentar sensível redução (de 7,23% para 1,39%) os valores de eficiência permanecem baixos, indicando não haver benefícios em se adotar a configuração com 9 praças e espaçamento de 50 km.

Uma vez que a premissa básica da Alternativa 2 consiste na supressão das praças de pedágio no trecho entre Cristalina e a BR 135, em função do mesmo apresentar, na situação atual, VDMs inferiores a 5000 veículos/dia, foi necessário avaliar ainda o comportamento do sistema em função do eventual crescimento do tráfego durante o período de concessão. Neste caso, foram considerados os volumes correspondentes a metade do período de concessão, e observados os valores resultantes para os VDMs em cada trecho da via.

O objetivo desta análise foi verificar a necessidade de se implantar praças de pedágio no trecho entre Cristalina e a BR 135 em função do crescimento do tráfego, situação esta que acabaria por invalidar a principal premissa adotada para o estabelecimento da Alternativa 2, que é a não implantação de praças no respectivo trecho.

Para tal foi obtido, com base nas simulações de tráfego, uma estimativa do VDM para metade do período de concessão, de forma a avaliar os impactos do crescimento do tráfego sobre a alternativa de pedagiamento proposta. Atingindo valores superiores a 5000 veículos/dia, foi indicada a necessidade de implantação de nova praça de pedágio, conforme mostra a tabela 4.15.

Tabela 4.15: Análise da necessidade de inserção de praças de pedágio em função do VDM para a metade do período de concessão para a Alternativa 2.

Praça	Extensão km	km da Rodovia	Extensão km	Local	VDM 2007	VDM 2020	Situação 2020
	0	8,4		Brasília			
	8,4	0,0	8,4	Divisa DF/GO	26.948		
1	27,7	19,3			26.948	33.556	
	32,5	24,1		Luziânia			
2	77,7	69,3			4.678	6.056	
	104,1	95,7		Cristalina	4.678		
	127,7	119,3			2.164	3.011	
	165,7	157,3	157,3	Divisa GO/MG			
	177,7	12,0			2.164	3.011	
	205,7	40,0		Paracatu	2.164		
10	227,7	62,0			3.889	6.393	Nova praça
11	277,7	112,0			3.889	6.393	Nova praça
	310,9	145,2		João Pinheiro	3.889		
12	327,7	162,0			2.922	5.234	Nova praça
13	377,7	212,0			2.922	5.234	Nova praça
	390,6	224,9		BR365	2.922		
	427,7	262,0			2.259	4.366	
	451,7	286,0		Três Marias	2.259		
14	477,7	312,0			2.973	5.568	Nova praça
	526,7	361,0		Felixlândia	2.973		
15	527,7	362,0			3.349	6.272	Nova praça
16	577,7	412,0			3.349	6.272	Nova praça
	579,5	413,8		MG420	3.349		
	589,7	424,0		BR135			
	608,6	442,9		Paraopebas	8.375		
	611,3	445,6		km 445,6	14.541		
3	627,7	462,0			14.541	25.609	
	638,8	473,1		Sete Lagoas			
	674,6	508,9		MG432	15.720		
4	677,7	512,0			23.399	38.116	
	698,6	532,9		Anel Viário BH	23.399		
	709,2	543,5		Anel Viário BH	51.054		
5	727,7	562,0			35.904	62.011	
	729,3	563,6		BR356	35.904		
	763,3	597,6		MG442			
6	777,7	612,0			13.133	2.044	
	795,2	629,5		Cons Lafaiete	13.133		
7	827,7	662,0			8.838	12.774	
	866,2	700,5		Barbacena	8.838		
8	877,7	712,0			8.414	11.257	
	911,2	745,5		Santos Dumont	8.414		
9	927,7	762,0			8.328	11.145	
	936,8	771,1	771,1	Juiz de Fora	8.328		

Os resultados da tabela 4.15 mostram que, em função do crescimento do tráfego, haveria necessidade de inserção de praças de pedágio entre a cidade de Cristalina e o entroncamento com a BR 135, já na metade do período de concessão, correspondente ao ano de 2020. Esta situação, portanto, acaba por descaracterizar a Alternativa 2 proposta com 9 praças de pedágio e espaçamento de 50 km. Soma-se a este fator a baixa eficiência apresentada pela alternativa, conforme mostra a tabela 4.14.

5 SELEÇÃO DA ALTERNATIVA DE PEDAGIAMENTO E PRAÇAS DE PEDÁGIO

Neste documento foram discutidos aspectos referentes ao sistema de pedagiamento para a Rodovia BR 040 no trecho em estudo. Inicialmente foram feitas algumas considerações sobre as características dos sistemas de pedagiamento e apresentada uma abordagem geral e simplificada para análise de suas características. Posteriormente foram discutidos aspectos específicos para o sistema de pedagiamento da Rodovia BR 040 do Distrito Federal até Juiz de Fora, junto ao início do trecho concessionado e operado pela CONKER.

Para o desenvolvimento das análises associadas ao número e distribuição de praças de pedágio, foi feito um estudo preliminar para a estrutura e nível tarifário a ser adotado na rodovia. Este estudo forneceu uma estimativa da tarifa de pedágio por quilômetro para a rodovia, a qual foi utilizada como parâmetro para análise do espaçamento entre praças de pedágio.

A partir da abordagem simplificada e dos resultados obtidos para o número e espaçamento de praças de pedágio, foram estudadas configurações específicas para o sistema de pedagiamento da BR 040, considerando suas características físicas e volumes de tráfego. Nesta análise foram verificadas duas alternativas: a primeira considera a rodovia como um todo, ou seja, como um único trecho homogêneo entre as cidades de Juiz de Fora e Brasília, não diferenciando características físicas ou de volumes de tráfego dos segmentos que a compõem. A segunda alternativa leva em consideração as características físicas e os volumes de tráfego dos diferentes trechos da BR 040, propondo a divisão da rodovia em dois segmentos distintos.

Para as duas alternativas foram calculados o fator de Iniquidade, Eficiência, Ganho Marginal de Equidade e Eficiência e os Momentos de Transporte, os quais são mostrados na Tabela a seguir.

Tabela 5.1. Comparação entre as alternativas de pedagiamento para a BR 040.

Alternativa	Num. Praças	Distância	Fator I	Eficiência	Ganho Marginal Equidade/Eficiência	Momento de Transporte
Alternativa 1	12	78 km	4,05%	82%	0,48	9.208.524
Alternativa 2*	9	50 km	1,39%	71%	0,34	7.209.150
Alternativa 2**	9	50 km	7,46%	71%	-0,02	7.209.150

* Fator I e Eficiência considerando somente o trecho pedagiado.

** Fator I e Eficiência considerando toda a extensão da rodovia.

Com base nos resultados obtidos verifica-se que a Alternativa 1 apresenta Eficiência, Ganho Marginal de Equidade/Eficiência e Momento de Transportes maiores do que Alternativa 2. A Alternativa 2, por sua vez, apresenta somente Fator de Iniquidade menor que a Alternativa 1, na situação que considera somente o trecho efetivamente pedagiado para cálculo do indicador, o que gera distorções em termos da análise de iniquidade na rodovia.

Cabe destacar que um Fator de Iniquidade menor representa ganhos em termos de equidade, ou seja, a redução das disparidades no tratamento dos usuários no que diz respeito à distância percorrida no sistema e o valor da tarifa paga. Do mesmo modo, um Ganho Marginal elevado, conforme apresentado pela Alternativa 1, representa menores perdas de eficiência para os respectivos ganhos de equidade obtidos, conforme a configuração adotada (número e espaçamento entre as praças de pedágio).

A análise realizada indica que a Alternativa 1, com 12 praças de pedágio e espaçamento entre praças de 78 km, apresenta maiores benefícios globais do que a Alternativa 2, conforme indicadores apresentados na tabela 5.1. Soma-se a estes o fato das praças de pedágio da Alternativa 1 estarem bem localizadas no que diz respeito aos principais pontos de acesso à rodovia e cidades lindeiras, outro fator que beneficia esta configuração.

Além dos indicadores resumidos na tabela 5.1, questões relacionadas a necessidade de inserção de novas praças de pedágio ao longo do período de concessão em função do crescimento do tráfego, inviabilizam a premissa básica estabelecida para a proposição da Alternativa 2, resultando que a mesma seja descartada como alternativa para o sistema de pedagiamento da BR 040.

No que diz respeito ao nível tarifário, a partir dos resultados da pesquisa de opinião (disposição a pagar) e tendo como balizadores os valores de tarifas aplicados nas rodovias concessionadas do país, é proposto o nível tarifário a ser adotado na BR 040.

O nível tarifário único proposto deve se desenvolver sobre a estrutura tarifária apresentada no item 2.1. O nível tarifário único é o modelo usualmente adotado nas concessões das rodovias federais, apresentando as vantagens de simplicidade e menor problema de rejeição para os aumentos de tarifa provocados pela duplicação de rodovias.

Os estudos iniciais indicam a adoção de uma tarifa igual a R\$ 0,035/km, correspondente a tarifa média ponderada por quilômetro para automóveis, excluídos os usuários não dispostos a pagar tarifa de pedágio. Este valor atende a aproximadamente 50% dos usuários, os quais se mostraram dispostos a pagar valores de tarifa próximos a R\$ 0,04/km.

Cabe destacar, no entanto, que o nível tarifário proposto consiste em uma estimativa para os estudos de concessão da BR 040, o qual foi utilizado como valor de referência para as simulações e para as análises relativas ao número e espaçamento entre praças de pedágio. Desta forma, os valores de tarifa finais para a BR 040 só serão obtidos, validados e consolidados após a conclusão das análises econômica e financeira, integrantes dos estudos da 3ª Etapa da Concessão Rodoviária Federal – Fase 1, visando ao desenvolvimento do transporte rodoviário no eixo centro-leste do Estado de Minas Gerais, Goiás e do Distrito Federal, que estarão contidos no Relatório 7.1 Viabilidade Econômica Financeira Preliminar – Rodovia BR 040.

A tabela 5.2 a seguir mostra os resultados preliminares para o sistema de tarifação da BR 040, servindo apenas para visualização inicial da estrutura que deverá ser validada e consolidada para a rodovia, através de estudos mais

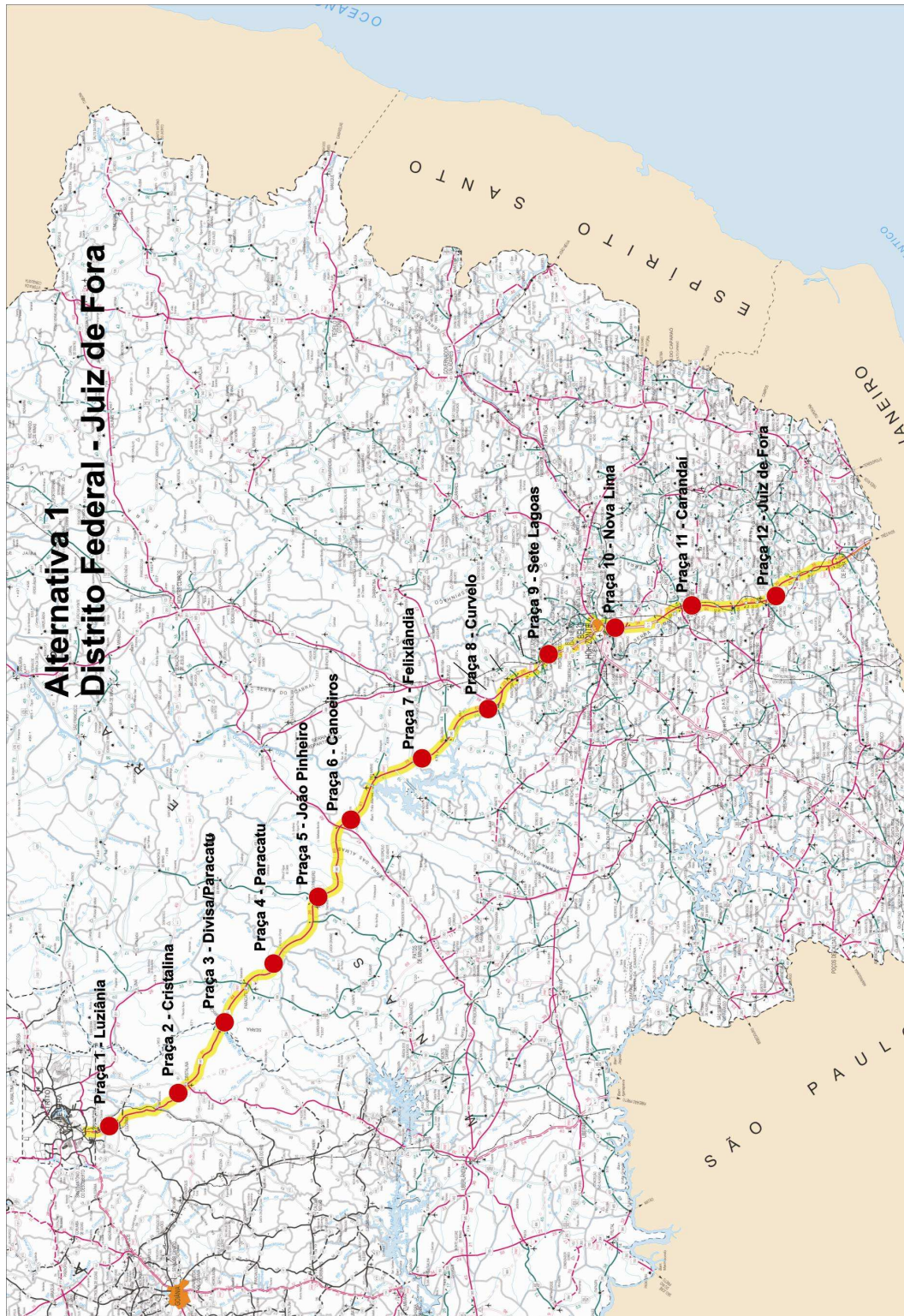
detalhados. Os valores encontram-se arredondados para baixo, para múltiplos de R\$ 0,10.

Na Figura 5.1 a seguir pode ser visualizada de forma esquemática a localização da configuração de 12 praças de pedágio, com espaçamento entre praças de 78 km, correspondente a Alternativa 1 analisada neste documento.

Tabela 5.2: Proposta inicial para os valores de tarifa para a BR 040 – Espaçamento entre praças igual a 78 km.

Cat.	Descrição dos veículos	Nº de eixos	Multiplicador	Tarifa (R\$)
1	Automóvel, caminhonete e furgão	2	1	2,70
2	Caminhão leve, ônibus, caminhão-trator e furgão	2	2	5,40
3	Automóvel e caminhonete com semi-reboque	3	1,5	4,00
4	Caminhão, caminhão-trator, caminhão-trator com semi-reboque e ônibus	3	3	8,10
5	Automóvel e caminhonete com reboque	4	2	5,40
6	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	4	4	10,90
7	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	5	5	13,60
8	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semi-reboque	6	6	16,30
9	Motocicletas, motonetas e bicicletas moto	2	0,5	1,30
10	Veículos oficiais e do Corpo Diplomático	-	Isentos	-
-	Veículos Especiais	7	-	19,00
-	Veículos Especiais	8	-	21,70
-	Veículos Especiais	9	-	24,00

Figura 5.1: Localização das Praças de Pedágio da Rodovia BR 040.



6 DIMENSIONAMENTO DE PRAÇAS DE PEDÁGIO

A partir da configuração indicada com 12 praças de pedágio, e com base nos volumes de tráfego obtidos através dos estudos de projeção foi feito o dimensionamento das praças de pedágio a serem implantadas ao longo da rodovia BR 040.

Os principais parâmetros definidos para dimensionamento das praças de pedágio são apresentados a seguir:

- A operação das praças de pedágio deverá ser feita por meio de pistas manuais e automáticas (sistema AVI), conforme definidas no item 3;
- Foi considerado um aumento da participação das pistas AVI ao longo do período de operação das praças de pedágio, considerando uma participação inicial de 10% do volume de veículos pedagiados, chegando em valores próximos a 50% após o 5º ano de operação;
- Para as pistas manuais foi adotada a capacidade de 200 veículos/hora. Já para as pistas AVI foi considerada a capacidade de 1000 veículos/hora.

O dimensionamento foi feito com base no volume no horário de pico, estimado como o volume correspondente a 10% do VDM projetado para cada praça de pedágio, por ano, ao longo do período de concessão, considerando motos, automóveis, ônibus e caminhões. Para cálculo dos volumes em horário de pico foram descontadas as parcelas associadas a eventuais fugas que poderão ocorrer em função do início da cobrança de pedágio na rodovia, obtendo desta forma o volume de veículos pedagiados. Os dados referentes aos volumes de tráfego são apresentados no documento Produto 4 B – Estudos de Tráfego Final – Parte 1 – Estudos de Demanda, Rede de Simulação, Revisão 2. Na tabela 6.1 a seguir são apresentados os volumes no horário de pico estimados ao longo do período de concessão (25 anos), utilizados para fins de dimensionamento das praças de pedágio.

Tabela 6.1: Estimativa dos volumes em horário de pico ao longo do período de concessão.

Praça	PISTA	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	DUPLA	2.671	2.728	2.786	2.847	2.909	2.973	3.039	3.107	3.176	3.247	3.321	3.396	3.473
2	SIMPLES	425	438	452	466	481	496	511	527	543	560	577	595	613
3	SIMPLES	326	338	350	363	377	390	404	418	433	448	463	479	496
4	SIMPLES	326	338	350	363	377	390	404	418	433	448	463	479	496
5	SIMPLES	253	265	278	291	305	319	334	349	364	381	398	415	434
6	SIMPLES	210	222	234	247	260	274	288	304	319	335	352	370	388
7	SIMPLES	297	314	332	351	370	391	411	434	456	481	505	532	559
8	SIMPLES	326	345	365	385	407	429	452	476	500	526	552	579	608
9	DUPLA	2.111	2.209	2.310	2.413	2.518	2.626	2.736	2.849	2.964	3.081	3.201	3.323	3.447
10	DUPLA	3.269	3.433	3.603	3.779	3.961	4.149	4.343	4.544	4.753	4.968	5.192	5.424	5.665
11	DUPLA	1.334	1.388	1.444	1.501	1.561	1.622	1.685	1.750	1.817	1.886	1.958	2.031	2.108
12	DUPLA	862	886	911	936	962	989	1.016	1.043	1.071	1.100	1.130	1.160	1.191

Praça	PISTA	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1	DUPLA	3.552	3.633	3.716	3.802	3.889	3.979	4.071	4.166	4.263	4.363	4.466	4.571
2	SIMPLES	632	652	672	693	714	737	760	784	809	835	862	889
3	SIMPLES	513	530	548	567	587	607	628	650	673	697	722	749
4	SIMPLES	513	530	548	567	587	607	628	650	673	697	722	749
5	SIMPLES	453	473	494	515	538	562	586	612	639	666	696	726
6	SIMPLES	408	428	449	471	495	519	544	570	598	627	656	687
7	SIMPLES	587	617	649	681	716	751	788	827	867	908	952	996
8	SIMPLES	637	668	699	732	766	801	838	876	915	955	997	1.040
9	DUPLA	3.574	3.704	3.837	3.973	4.112	4.254	4.399	4.547	4.698	4.853	5.011	5.172
10	DUPLA	5.915	6.177	6.449	6.734	7.032	7.344	7.671	8.013	8.371	8.744	9.133	9.539
11	DUPLA	2.187	2.269	2.354	2.442	2.534	2.629	2.728	2.831	2.939	3.050	3.165	3.285
12	DUPLA	1.224	1.257	1.290	1.325	1.362	1.399	1.438	1.478	1.519	1.562	1.606	1.653

Com base nas premissas adotadas e observando as características físicas e operacionais da via foi definido um conjunto de tipologias que representam combinações de pistas manuais e automáticas, dimensionadas para situações de pista simples e dupla. As tipologias foram definidas de forma a minimizar o número de combinações possíveis, padronizar as configurações adotadas para as praças de pedágio propostas ao longo da Rodovia BR 040 no trecho em estudo e racionalizar as ampliações das praças de pedágio ao longo do período de concessão. A tabela 6.2 seguir mostra as configurações definidas para o sistema de pedagiamento da rodovia, bem como sua respectiva capacidade em veículos/hora, considerando ainda a participação diferenciada das pistas AVI ao longo do tempo. As configurações representadas por números representam variações em termos do número de pistas manuais adotadas. As configurações representadas por números e letras (Tipo “A”) representam variações em termos do número de pistas AVI.

As figuras 6.1 e 6.2 ilustram as configurações Tipo 1 e Tipo 2, definidas como configurações básicas para as situações de pista simples e pista dupla, respectivamente. A configuração do Tipo 1 contempla 5 pistas manuais e duas pistas laterais AVI, pressupondo o funcionamento de 4 cabines de arrecadação. A configuração do Tipo 2 contempla 11 pistas manuais e duas pistas laterais AVI, pressupondo o funcionamento de 10 cabines de arrecadação.

Tabela 6.2: Configurações propostas para o sistema de pedagiamento da Rodovia BR 040.

Tipo	Configuração		Participação (%)		Capacidade (veic/h)		
	Pistas Manuais	Pistas AVI	Pistas Manuais	Pistas AVI	Pistas Manuais	Pistas AVI	Total
1	5	2	90%	10%	1.000	111	1.111
			75%	25%	1.000	333	1.333
			50%	50%	1.000	1.000	2.000
1A	3	4	90%	10%	600	67	667
			75%	25%	600	200	800
			50%	50%	600	600	1.200
2	11	2	90%	10%	2.200	244	2.444
			75%	25%	2.200	733	2.933
			50%	50%	2.200	2.200	4.400
2A	9	4	90%	10%	1.800	200	2.000
			75%	25%	1.800	600	2.400
			50%	50%	1.800	1.800	3.600
			40%	60%	1.800	2.700	4.500
3	16	2	90%	10%	3.200	356	3.556
			75%	25%	3.200	1.067	4.267
			50%	50%	3.200	3.200	6.400
3A	14	4	90%	10%	2.800	311	3.111
			75%	25%	2.800	933	3.733
			50%	50%	2.800	2.800	5.600
4	20	2	90%	10%	4.000	444	4.444
			75%	25%	4.000	1.333	5.333
			50%	50%	4.000	4.000	8.000
4A	18	4	90%	10%	3.600	400	4.000
			75%	25%	3.600	1.200	4.800
			50%	50%	3.600	3.600	7.200
5	22	6	90%	10%	4.400	489	4.889
			75%	25%	4.400	1.467	5.867
			50%	50%	4.400	4.400	8.800
			40%	60%	4.400	6.600	11.000
6*	9	2	90%	10%	1.800	200	2.000
			75%	25%	1.800	600	2.400
			50%	50%	1.800	1.800	3.600
			40%	60%	1.800	2.700	4.500

* Variação da configuração Tipo 2, adequada para situações de volumes de tráfego mais baixos, em trechos de pista dupla.

Figura 6.1. Sistema de Pedagiamento - Configuração Tipo 1.

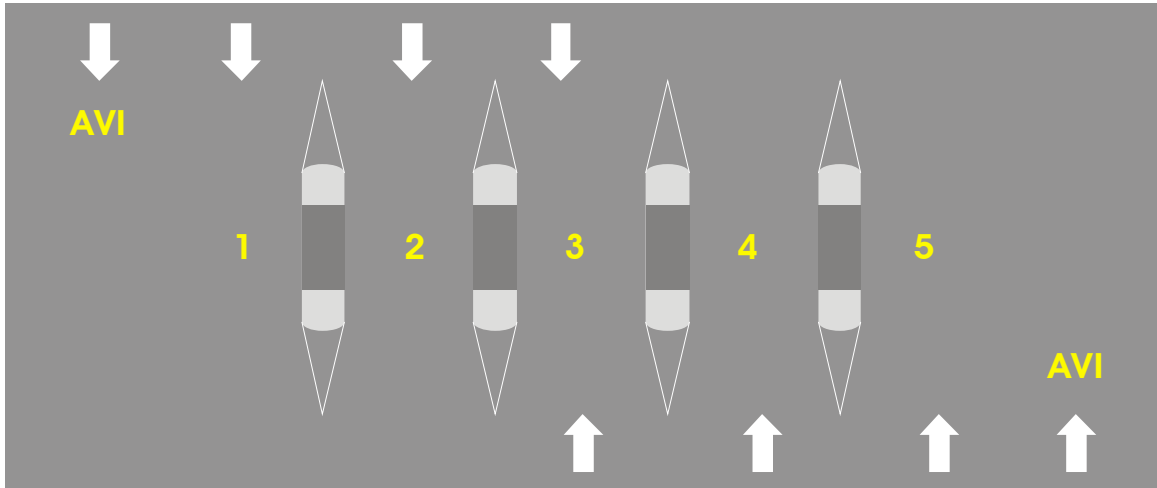
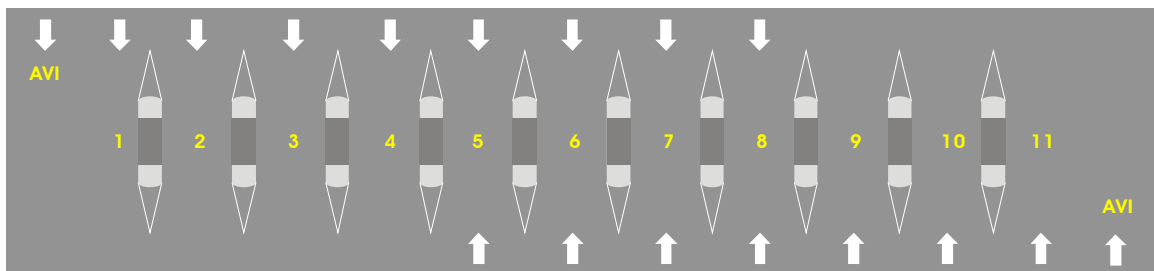


Figura 6.2. Sistema de Pedagiamento - Configuração Tipo 2.



Definidas as configurações e com base nos volumes nos horário de pico foi feita a associação das diferentes tipologias para cada praça de pedágio, observando as características da via (pista simples ou dupla) e a capacidade de cada configuração. Os resultados, para todas as praças de pedágio são mostrados na tabela a seguir.

Tabela 6.3: Tipologias de praças de pedágio até o ano de 2033.

Praça	Config.	Período																								
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1	TIPO 2																									
	TIPO 2A																									
2	TIPO 1																									
3	TIPO 1																									
4	TIPO 1																									
5	TIPO 1																									
6	TIPO 1																									
7	TIPO 1																									
8	TIPO 1																									
9	TIPO 2																									
	TIPO 3																									
10	TIPO 5																									
11	TIPO 2																									
12	TIPO 2																									

O dimensionamento indicou para a Praça de Pedágio 2, a necessidade de ampliar o número de pistas AVI próximo ao final do período de concessão, em função do aumento nos volumes de tráfego que extrapolam a capacidade associada à configuração definida para os primeiros anos de operação. Já para a Praça de Pedágio 9, foi detectada a necessidade de ampliação de sua estrutura física com adição de cabines de cobrança manual, adotando a partir do ano de 2029 a configuração Tipo 3, em função do crescimento dos volumes de tráfego.

A tabela 6.4 apresenta para cada praça de pedágio, ano a ano, o número de pistas manuais e automáticas e o número de cabines necessárias para operação do sistema de acordo com os volumes de tráfego considerados e configurações pré-definidas.

Tabela 6.4: Dimensionamento do número de pistas manuais automáticas e cabines de arrecadação por praça de pedágio.

Ano	2009			2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021			2022		
	Praças	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C					
1	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10			
2	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
3	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
5	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
6	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
7	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
8	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
9	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10			
10	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21			
11	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10			
12	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10			
Total	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89			

Ano	2023			2024			2025			2026			2027			2028			2029			2030			2031			2032			2033		
	Praças	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C	M	A	C		
1	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	9	4	8	9	4	8			
2	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
3	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
5	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
6	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
7	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
8	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4			
9	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	16	2	15	16	2	15	16	2	15	16	2	15			
10	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21	22	6	21			
11	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10			
12	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10	11	2	10			
Total	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	101	28	89	106	28	94	106	28	94	106	28	94	104	30	92	104	30	92

Valores Médios: Pistas manuais – 102 Pistas AVI – 28 Cabines - 90